

Lernkontrolle im „Vernetzten Studium – Chemie“ -

Entwicklung und Evaluation eines Konzepts am Beispiel des Kapitels

„Addition von Halogenen an Doppelbindungen“

Von der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina

zu Braunschweig

zur Erlangung des Grades einer
Doktorin der Naturwissenschaften

(Dr. rer. nat.)

genehmigte

D i s s e r t a t i o n

von Verena Pietzner

aus Bielefeld

1. Referent: Prof. Dr. Rainer Herges

2. Referentin: Prof. Dr. Kerstin Höner

eingereicht am:

mündliche Prüfung (Disputation) am: 02.09.2002

Danksagung

Während der Zeit, in der die vorliegende Arbeit entstand, haben mich viele Personen durch Anregungen und Diskussionen unterstützt und damit zu ihrem Gelingen beigetragen.

Meinem Doktorvater Prof. Dr. Rainer Herges danke ich für die Möglichkeit, meine Dissertation im Rahmen des "Vernetzten Studiums - Chemie" zu erstellen sowie für die inhaltlichen Freiheiten, die mir während der Entstehung dieser Arbeit gewährt wurden.

Prof. Dr. Kerstin Höner danke ich für die gemeinsamen Diskussionen während der Themenfindung für die Dissertation und die Bereitschaft, das Zweitgutachten zu erstellen.

Martin Holz hat mit mir vor allem die technische Seite des Konzeptes beleuchtet und die Umsetzungsmöglichkeiten im Projekt diskutiert. Den Projektgruppen aus Paderborn und dem FIZ Chemie danke ich für die gute Zusammenarbeit im Projekt.

Die Dissertation wäre ohne die Evaluation des Konzeptes unvollständig gewesen. Ich danke deshalb allen Probanden für ihre Bereitschaft, an der Studie mitzuwirken.

Meine Eltern danke ich für ihr Mitdenken beim Korrekturlesen der Arbeit. Sie waren mir während der Zeit der Promotion immer eine große Hilfe und haben mich in meinem Promotionsvorhaben zu jeder Zeit unterstützt.

Mein ganz besonderer Dank gilt meinem Lebenspartner Christian für seine vielfältige Unterstützung und anregenden Gespräche während der gesamten Zeit der Promotion.

Name: Verena Pietzner

Adresse: Ernst-Amme-Str. 13, 38114 Braunschweig

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich

1. die vorliegenden Arbeit mit dem Thema

Lernkontrolle im Vernetzten Studium – Chemie

Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes am Beispiel des Kapitels
„Addition von Halogenen an Doppelbindungen“

selbstständig verfasst,
mit Genehmigung des Vorsitzenden der Gemeinsamen
Naturwissenschaftlichen Fakultät der Technischen Universität
Braunschweig, vertreten durch die Mentorin oder den Mentor der
Arbeit, vom 07.05.02 bereits teilweise veröffentlicht
nicht als Diplomarbeit oder ähnliche Prüfungsarbeit verwendet
und die benutzten Hilfsmittel vollständig angegeben,

2. früher ein Promotionsgesuch noch nicht eingereicht habe.

Datum:

(Unterschrift)

Vorveröffentlichungen der Dissertation

Teilergebnisse aus dieser Arbeit wurden mit Genehmigung der Gemeinsamen Naturwissenschaftlichen Fakultät, vertreten durch den Mentor der Arbeit, in folgenden Beiträgen vorab veröffentlicht:

Herges, R., Pietzner, V.: Das Vernetzte Studium – Chemie an der CAU Kiel (Poster), Fortbildungs- und Vortragstagung der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh, Würzburg 2001

V. Pietzner: Das „Vernetzte Studium – Chemie“: Neue Möglichkeiten im computergestützten Lernen, Vortrag in der regionalen Chemielehrerfortbildung der GDCh in Braunschweig, 25.04.2002

Inhalt

1	Einleitung.....	4
2	Computerunterstütztes Lernen	7
2.1	Formen computerunterstützten Lernens.....	8
2.2	Begründungen für das Lernen mit dem Computer.....	10
2.2.1	Lernformen	11
2.2.1.1	Selbstgesteuertes Lernen	11
2.2.1.2	Exploratives Lernen.....	12
2.2.1.3	Konstruktivistische Ansätze.....	13
2.2.2	Interaktivität	15
2.2.3	Dynamische Darstellungsformen.....	16
2.2.4	Räumliche Darstellungsformen	17
2.3	Didaktisches Design	19
2.3.1	Begriffsklärung	19
2.3.2	Prinzipien des didaktischen Designs	19
2.3.2.1	Grundlagen	19
2.3.2.2	Benutzeroberfläche	21
2.3.2.3	Navigation	22
2.3.2.4	Einsatz von Farben	23
2.3.2.5	Aufbau der Seiten.....	23
2.4	Integrative Nutzung des Internet.....	25
2.5	Grenzen des computerunterstützten Lernens.....	26
3	Lernkontrolle mit dem Computer.....	28
3.1	Zum Begriff „Lernkontrolle“	28
3.2	Aufgaben einer Lernkontrolle.....	29
3.2.1	Reproduktionsaufgaben	31
3.2.2	Anwendungsaufgaben.....	32
3.2.3	Transferaufgaben	32
3.3	Vor- und Nachteile der Lernkontrolle mit dem Computer.....	33
3.4	Aufgabenformen und -typen	35
3.4.1	Offene und geschlossene Frageformen	36
3.4.2	Automatisierungsmöglichkeiten	36

3.4.3	Multiple Choice-Aufgaben und Ja/Nein-Abfragen.....	38
3.4.4	Multiple Select-Aufgaben.....	39
3.4.5	Lückentext-Aufgaben.....	40
3.4.6	Drag&Drop-Aufgaben	41
3.5	Hilfestellungen	42
3.5.1	Strategische Hilfen	43
3.5.2	Inhaltliche Hilfen	44
3.5.3	Verwendung der unterschiedlichen Hilfen	44
3.6	Rückmeldungen.....	46
4	Beispiele von Lernkontrollkonzepten	48
4.1	Übungsaufgaben mit Dreamweaver UltraDev	48
4.2	Übungsaufgaben mit dem EF-Editor	50
5	Das Projekt „Vernetztes Studium – Chemie“	53
5.1	Ziele des Vernetzten Studiums.....	53
5.2	Aufbau des Vernetzten Studiums	54
5.3	Technische Vorgaben.....	56
5.4	Lerneinheiten.....	58
5.5	Vernetzung der Inhalte	59
6	Lernkontrollkonzept für das Vernetzte Studium	61
6.1	Ja/Nein-Abfrage.....	63
6.2	Multiple Choice-Aufgaben.....	65
6.3	Multiple Select-Aufgaben.....	68
6.4	Lückentext-Aufgaben.....	70
6.5	Drag&Drop-Aufgaben	73
6.5.1	Sortieren.....	74
6.5.2	Räumliches Anordnen	76
6.5.3	Zeitliches und sachliches Anordnen	76
6.5.4	Silbenrätsel.....	77
7	Empirische Untersuchung.....	79
7.1	Organisatorischer Rahmen.....	79
7.2	Beschreibung der Probanden.....	80
7.3	Beschreibung der ausgewählten Lerneinheit.....	81
7.3.1	Didaktisch-methodische Betrachtung	81
7.3.2	Aufbau und Elemente des Kapitels	83

7.4	Aufbau des Fragebogens	90
7.4.1	Aufbau der Lerneinheit	91
7.4.2	Lernkontroll-Konzept	91
7.4.3	Lernen mit dem Computer	92
7.5	Ergebnisse der Untersuchung	92
7.5.1	Aufbau der Lerneinheit	92
7.5.2	Lernkontroll-Konzept	94
7.5.3	Lernen mit dem Computer	98
7.5.4	Beobachtungen	100
7.5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	102
7.6	Empfehlungen für das Vernetzte Studium	104
8	Zusammenfassung und Ausblick	106
9	Literatur	109
10	Anhang	118

1 Einleitung

Der Markt der multimedialen Lernprogramme boomt: Im Jahre 2001 wurden im Bereich des so genannten E-Learnings 900 Millionen DM umgesetzt, 2004 werden es etwa 2 Milliarden € sein¹. Vor allem in der innerbetrieblichen Aus- und Weiterbildung wird die Entwicklung vorangetrieben, da die Mitarbeiter nicht mehr für längere Zeit an externen Lehrgängen teilnehmen, sondern vom Arbeitsplatz aus die Inhalte erarbeiten und somit effektiver und kostengünstiger geforscht, produziert und gewirtschaftet werden kann. Trotzdem stehen sie bei unvorhersehbaren Ereignissen oder unaufschiebbaren Entscheidungen zur Verfügung.

In den vergangenen Jahren ist die Einbindung des Computers in die Hochschullehre jedoch nur schleppend vorangekommen. Zwar sind einige Angebote im Internet erhältlich, diese beinhalten jedoch überwiegend Vorlesungsskripte oder Probeklausuren². Über die Ursachen dieser schleppenden Entwicklung kann nur spekuliert werden; ein Grund liegt jedoch sicherlich im extrem hohen Aufwand begründet, den die Entwicklung multimedialer Lernarrangements erfordert. Das Verhältnis im Entwicklungsaufwand zwischen neuen Medien und den klassischen Vermittlungsformen liegt bei etwa 20:1³.

Durch Projekte wie das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte „Vernetzte Studium – Chemie“ wird nun versucht, die Inhalte eines ganzen Studiengangs multimedial aufzubereiten und für Haupt- und Nebenfachstudierende zur Verfügung zu stellen. Die enorme Zahl von etwa 200 bundesweit tätigen Entwicklern macht deutlich, dass es großer personeller und finanzieller Mittel bedarf, dieses Ziel zu erreichen.

Zu Beginn der Entwicklung computerunterstützten Lernens glaubten viele, das Lernen könne durch das neue Medium „besser“ im Sinne von „schneller“ oder „einfacher“ werden. Es wurden viele Untersuchungen durchgeführt, die beweisen sollten, dass der Computer ein besseres Lernmedium sei als alle anderen. Doch diese Untersuchungen bewiesen, dass das nicht der Fall ist^{4,5}. Kein Medium ist prinzipiell besser als ein anderes; es hängt allein von

den Lehr- und Lernzielen ab, welches Medium am besten geeignet ist, diese Ziele zu erreichen. Daher wurde zunehmend untersucht, welche Rahmenbedingungen erfüllt sein müssen, damit Lernen mit dem Computer gelingen kann.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich besonders mit einem zentralen Aspekt selbstgesteuerten Lernens: der Lernkontrolle. Lernkontrolle im Sinne dieser Arbeit ist die Kontrolle des neu angeeigneten Wissens und Verständnisses auf Richtigkeit. Ohne Überprüfung und Anwendung des eigenen Wissens ist kein dauerhaftes und sinnvolles Lernen möglich.

Bei der Suche nach Angeboten zum Lernen mit dem Computer wird man zwar schnell eine Vielzahl verschiedener Lösungen finden; es fehlt jedoch leider in den meisten Fällen an einer durchdachten (medien-)didaktischen Konzeption, so dass der Wert dieser Angebote angezweifelt werden muss⁶. Die häufigsten Mängel sind das Fehlen von Lernzielen, fehlende Übereinstimmung der Ziele mit den vermittelten Inhalten und eine fehlende Lernkontrolle, die zusammenfassend als das Fehlen einer sinnvollen didaktischen Überarbeitung der zu vermittelnden Inhalte angesehen werden können.

Ziel dieser Arbeit ist es deshalb, für das Vernetzte Studium – Chemie ein vollständig neues Lernkontroll-Konzept zu entwickeln, da es bisher an durchdachten Konzeptionen im Bereich der HTML-basierten Lernprogramme fehlt. Das neue Konzept beinhaltet alle wichtigen Funktionen für ein selbstständiges und sinnvolles Lernen. Dabei wurden zunächst die in der heutigen Lernsoftware etablierten Aufgabentypen Ja/Nein-Abfrage, Multiple Choice, Multiple Select sowie Drag&Drop-Aufgaben implementiert. Die Funktionalität des Konzeptes wurde anschließend durch eine formative Evaluation mit Studierenden des organischen Grundpraktikums überprüft. Für die Durchführung der Untersuchung wurde ein Fragebogen entwickelt, der die speziellen Elemente der Konzeptes berücksichtigt.

Die vorliegende Arbeit ist in sieben Teile gegliedert. Nach einer allgemeinen Betrachtung des computerunterstützten Lernens in Kapitel 2 werden in Kapitel 3 Grundlagen und didaktische Anforderungen an die Lernkontrolle mit dem Computer erläutert sowie die verwendeten Aufgabentypen kurz

beschrieben. Daran schließt sich eine Diskussion zu bereits existierenden Konzepten auf HTML-Basis an. Das Vernetzte Studium – Chemie, in dem das entwickelte Konzept verwendet werden soll, wird in seinen Strukturen, Zielen und dessen Aufbau der Lerneinheiten im fünften Kapitel beschrieben. Das sechste Kapitel beinhaltet die Darstellung des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Lernkontroll-Konzeptes. Dabei werden die verschiedenen zu Grunde liegenden Aufgabentypen mit den für die Lernenden zur Verfügung stehenden interaktiven Steuerungsmöglichkeiten vorgestellt.

Im siebten Kapitel werden die Fragestellungen und Ergebnisse der formativen Evaluation sowie sich daraus abzuleitende Empfehlungen für das Vernetzte Studium – Chemie vorgestellt. Darin enthalten ist die Beschreibung sowie die didaktisch-methodische Betrachtung des Kapitels „Addition von Halogenen an Doppelbindungen“, das für die Durchführung der Studie ausgewählt worden ist. Eine Zusammenfassung mit einem Ausblick auf weitere Forschungsansätze bildet den Abschluss der Arbeit.

2 Computerunterstütztes Lernen

Der Computer als Medium bietet völlig neue Möglichkeiten der Wissensvermittlung. Die aktuelle Forschung betrachtet dabei zunehmend, wie der Computer zur Förderung individueller Lernformen herangezogen werden kann und wie Lernprogramme gestaltet werden sollten, um Lernprozesse optimal zu unterstützen.

In der Literatur zum computerunterstützten Lernen wird immer wieder hervorgehoben, dass ein besonderer Vorteil des Computers in der individuellen Gestaltung des eigenen Lernweges liegt. Lernprogramme müssen sich dahingehend entwickeln, dass sie selbstgesteuertes Lernen fördern sowie einen Schwerpunkt auf die problemorientierte Vermittlung der Inhalte legen. Ein weiterer Bereich, in denen der Computer Vorteile gegenüber klassischen Medien besitzt, ist die Einbindung dynamischer, zeitabhängiger und räumlicher Darstellungsformen. Wann immer sinnvoll sollten diese Elemente in einer hoch interaktiv steuerbaren Form eingebunden werden, denn auf diese Weise haben sie das Potenzial, eine intensive und vielschichtige Beschäftigung mit dem Lerngegenstand zu eröffnen.

Nach einer Darstellung der unterschiedlichen Formen computerunterstützten Lernens (Kapitel 2.1) wird im Kapitel 2.2 auf dessen Vorteile und Möglichkeiten näher eingegangen. Anschließend werden Bedingungen für eine didaktisch gelungene Gestaltung der Lernumgebung und ihrer Inhalte erläutert (Kapitel 2.3). Neben allen Vorteilen und Potenzialen computerunterstützten Lernens hat diese Form der Wissensvermittlung unter anderem im Bereich des kooperativen Lernens ihre Grenzen. Diese und weitere Grenzen werden in Kapitel 2.4 näher erläutert.

2.1 Formen computerunterstützten Lernens

In der Literatur haben sich verschiedene Bezeichnungen für computerunterstütztes Lernen etabliert, die sich in ihren Bedeutungen überlappen oder gar identisch sind. Einige Beispiele sind in folgender Tabelle dargestellt:

Computer	Assisted Aided Based Interactive	Instruction Learning Education Training Teaching
-----------------	---	---

Tabelle 1: Begriffe zum computerunterstützten Lernen nach POHL⁷

Die häufigsten Begriffe, die in der Literatur für computerunterstütztes Lernen verwendet werden, sind Computer Based Training (CBT) und Computer Assisted Instruction (CAI). Doch die Verwendung der Begriffe bleibt letztendlich nicht eindeutig, da es keine Taxonomie dieser Begriffe gibt. Es erscheint deshalb sinnvoller, die beiden Grundtypen computerunterstützten Lernens zu betrachten: Drill&Practice-Programme und tutorielle Systeme.

Drill&Practice-Programme - oft auch als Übungs- oder Testsysteme bezeichnet - haben das Ziel, Wissen instruktiv gemäß der programmierten Unterweisung nach SKINNER⁸ zu vermitteln, wobei die Lernenden nur eine reagierende Rolle einnehmen. Der Lerninhalt wird in festen Strukturen vermittelt und geübt. Ein typisches Drill&Practice Programm wäre ein Vokabeltrainer, bei dem die Vokabeln „gepaukt“ werden. Dabei besteht für die Lernenden keine Möglichkeit der Exploration oder Adaption an die eigenen Bedürfnisse. Diese Form computerunterstützten Lernens tritt immer weiter in den Hintergrund. Moderne Angebote folgen dem Ansatz der tutoriellen Instruktion⁹.

Im Gegensatz zu Drill&Practice-Programmen stehen bei den tutoriellen Systemen die Bedürfnisse der Lernenden deutlicher im Vordergrund.

Die allgemeine Struktur von CBT-Programmen umfasst im Allgemeinen vier Komponenten¹⁰:

- Präsentation des Inhaltes
- Aufforderung an die Lernenden zu einer Aktivität: Bearbeitung von Aufgaben, Aufforderung zu explorativem Arbeiten o.ä.
- Rückmeldung in Form von Bestätigung, Korrektur, Hinweise auf weitere Angebote
- Motivation zur weiteren Programmbenutzung, Empfehlungen für das weitere Lernen geben

Je nachdem, ob die Steuerung des Lernprozesses dabei eher in der Hand des Programms oder der Lernenden liegt, wird zwischen tutoriellen und so genannten „intelligenten“ tutoriellen Systemen unterschieden. Die Lernenden arbeiten in beiden Fällen aktiv rezeptiv. Es werden sowohl die Auswahl und Anordnung der Lerninhalte durch die Lernenden ermöglicht als auch sinnvolle Lernwege angeboten, die aus einzelnen, in sich geschlossenen Lerneinheiten zusammengesetzt werden; der Lerninhalt wird dabei umfassend und vollständig vermittelt. Neben der Präsentation der Inhalte reagiert das Programm auch auf das Verhalten der Lernenden, indem zum Beispiel nach der Bearbeitung von Aufgaben in Abhängigkeit des Bearbeitungserfolges Empfehlungen für den weiteren Lernweg ausgesprochen werden.

Schwerpunkt	Anteil [%]
Allgemeine Disziplinen	14,2
• davon Sprachen	70,5
Betriebswirtschaft	15,6
Informatik und Kommunikation	47,1
Naturwissenschaften, davon	10,7
• Physik	43
• Mathematik	24
• Chemie	15

Tabelle 2: Themenschwerpunkte von CBT-Programmen, nach TULLY¹¹

Die wichtigsten thematischen Schwerpunkte kommerziell produzierter CBT-Programme sind aus Tabelle 2 ersichtlich.

Fast die Hälfte der Produkte beschäftigt sich mit Inhalten aus der Informatik; dabei handelt es sich überwiegend um Lernprogramme zu Software-Produkten. Der Anteil der Chemie-Programme ist sehr gering, obwohl es gerade in der Chemie für die Visualisierung von zeitlichen Abläufen oder räumlichen Situationen viele Anlässe zum Computereinsatz gibt.

2.2 Begründungen für das Lernen mit dem Computer

Der Einsatz des Computers als Lernmedium bietet in vieler Hinsicht neue Perspektiven. Neben dem Einsatz als Präsentationsmedium in einer Veranstaltung kann er vor allem auch für das Selbststudium verwendet werden, worauf in diesem Kapitel besonders eingegangen werden soll. Daher wird auf einen Vergleich zwischen computerunterstütztem Lernen und dem Lernen in Präsenzveranstaltungen in geringerem Maße eingegangen als die Betrachtung der Unterschiede zwischen den bisher zur Verfügung stehen Medien zum Selbststudium und dem Computer. Die größten Potenziale computerunterstützten Lernens werden vor allem bei der Wiederholung von Inhalten, dem gezielten Nachschlagen oder bei der Entwicklung neuer Perspektiven in bereits bekannten Zusammenhängen gesehen¹².

Ein zentraler Aspekt computerunterstützten Lernens ist das Potenzial, individuelle Lernformen, bei denen eigene Interessen und Bedürfnisse beim Lernen im Vordergrund stehen, zu unterstützen (Kapitel 2.2.1). Ein weiterer wichtiger Vorteil des Computereinsatzes für das Selbststudium liegt in der Interaktivität des Mediums (Kapitel 2.2.2). Interaktivität beinhaltet auch die Einbindung dynamischer und räumlicher Darstellungsformen, die von Lernenden manipuliert werden können (Kapitel 2.2.3 und 2.2.4).

Häufig genannte Vorteile wie eine individuelle Zeiteinteilung, beliebige Wiederholmöglichkeiten oder die Selbstbestimmung des Lerntempos werden nicht betrachtet, da sich diese Argumente genauso auf die Verwendung von

Lehrbüchern anwenden lassen und somit keine echten Vorteile des Computereinsatzes darstellen.

2.2.1 Lernformen

2.2.1.1 Selbstgesteuertes Lernen

Der Begriff selbstgesteuertes oder auch selbstständiges Lernen bezeichnet die Fähigkeit, das eigene Lernen ohne Hilfe anderer Personen zu steuern und zu kontrollieren¹³. Diese Lernform ist vor allem durch eine hohe Eigenaktivität der Lernenden, Lehrerunabhängigkeit sowie einen produktiven und zielgerichteten Umgang mit dem Lerninhalt gekennzeichnet. Ihr entgegengesetzt ist das fremdgesteuerte Lernen, bei dem Dritte Einfluss auf den Lernprozess ausüben. Lernende übernehmen dabei eine passive, reproduktive Rolle. Beide Lernformen kommen nie in Reinform vor, sondern sie wechselwirken miteinander. Auch bei fremdgesteuertem Lernen ist ein Mindestmaß an Eigenaktivität bzw. Selbststeuerung erforderlich, um zum Beispiel Arbeitsaufträge auszuführen. Auf der anderen Seite wird auch bei überwiegend selbstgesteuertem Lernen durch die Konzeption von Lernmaterialien Einfluss auf die Lernenden genommen, indem etwa bei einem Lehrbuch ein bestimmter Lernweg vorgegeben wird.

Die Fähigkeit zum selbstgesteuerten Lernen ist bei Lernenden unterschiedlich stark ausgeprägt und hängt von der Entwicklung metakognitiver Fähigkeiten ab, d.h. Lernende müssen über Lernstrategien verfügen, die ihnen das eigenständige Arbeiten ermöglichen. Solche Strategien sind zum Beispiel die bewusste Planung einer Lernaktivität (Aktivitätsprinzip) oder die Fähigkeit, das eigene Lernen zu reflektieren (Rückbesinnungsprinzip) und gegebenenfalls zu modifizieren¹⁴. Zudem muss das Ziel der Lernaktivität von Beginn des Lernprozesses an für die Lernenden erkennbar sein, so dass Lernaktivitäten auf dieses Ziel hin ausgerichtet werden können.

Selbstgesteuertes Lernen wird zunehmend im Rahmen der Diskussion des „Lernen lernen“ als Schlüsselqualifikation herausgestellt. Durch die immer größer werdende Wissensmenge müssen Fähigkeiten erlernt werden, die

zum selbstständigen Aneignen von Wissen befähigen¹⁵. Durch den Einsatz des Computers als Lernmedium kann selbstgesteuertes Lernen vor allem beim Einsatz hypertext-basierter Programme¹⁶ auf verschiedene Weise gefördert werden. Die Lernenden müssen ihren Lernprozess selbstverantwortlich organisieren, was bei der Stoffauswahl beginnt und sich bei der Planung des Lernweges fortsetzt. Nach beendeten Lerneinheiten müssen die Lernenden gemäß des Rückbesinnungsprinzips eigenständig beurteilen, ob sie den gelernten Stoff beherrschen oder welche Aspekte noch einmal wiederholt werden sollten. Hierbei kann das Angebot einer Lernkontrolle Klarheit für die Lernenden bringen. Durch die Einbindung von zusätzlichen Lernangeboten - zum Beispiel Empfehlungen zum weiteren Lernweg - können die Lernenden gemäß ihren Neigungen ihre Kenntnisse über die Grundlagen hinaus in unterschiedlichen Bereichen vertiefen, ohne dass eine Richtung durch Dritte vorgegeben wird¹⁷. Die Wichtigkeit einer didaktisch gelungenen Lernumgebung ist dabei nicht zu unterschätzen, denn sie muss nicht nur alle nötigen Hilfsmittel bereit stellen, sondern durch sie muss die für das Lernen nötige Motivation geschaffen und aufrecht erhalten werden¹⁸.

2.2.1.2 *Exploratives Lernen*

Die Lernform des explorativen Lernens - oft wird auch der Begriff entdeckendes Lernen verwendet - legt einen besonderen Schwerpunkt auf das eigene Erkunden der Lerninhalte. Als Metapher für das explorative Lernen wird oft die Benutzung eines Lexikons gewählt, in dem die Lernenden beim Nachschlagen eines Begriffes durch Verweise auf verwandte Begriffe dessen Beziehungsgefüge entdecken können.

Bei explorativem Lernen wird – ausgehend von einer kurzen Einführung, die durchaus unvollständig sein kann – der Lerninhalt selbstständig aus unterschiedlichen Perspektiven erkundet und analysiert¹⁹. Der zu lernende Inhalt wird also nicht in sich geschlossen präsentiert, sondern die Lernenden müssen relevante Informationen aus dem gesamten Stoffangebot zusammentragen und zueinander in Beziehung setzen. Kumulative Effekte können dann auftreten, wenn mehrere Lernende die gleiche Aufgabe gestellt

bekommen, dann einzeln recherchieren und anschließend die verschiedenen Ergebnisse zusammengetragen werden²⁰. Bei dieser Form des aktiven und induktiven Lernens wird davon ausgegangen, dass die Eigenaktivität in besonderer Weise motivierend wirkt und die selbst erarbeiteten Zusammenhänge den Transfer begünstigen²¹.

Exploratives Lernen kann unter anderem durch die Einbindung eines Indexes und Glossars in die Lernumgebung gefördert werden, da sie eine schnelle Suche durch das Programm ermöglicht. Das inhaltliche Vernetzen von Seiten dient ebenfalls der Betrachtung eines Sachzusammenhangs aus verschiedenen Blickwinkeln. Des weiteren kann der Einsatz von Animationen und Simulationen den Lernenden die Möglichkeit eröffnen, sich entdeckend mit dem Lerngegenstand zu beschäftigen und somit zu einem vertieften Verständnis beitragen.

2.2.1.3 Konstruktivistische Ansätze

Der konstruktivistischen Didaktik liegt zu Grunde, dass jeder Mensch sich seine eigene mentale Realität erschafft. Der Lernprozess ist nicht eine originalgetreue Abbildung der Realität im Kopf der Lernenden, sondern es wird ein Bild der Realität konstruiert. Die Wahrnehmungen unserer Umwelt kann nicht objektiv sein, weil sie durch die Sinne und die individuellen Erfahrungen subjektiviert werden²². Das folgende Zitat bringt dies treffend zum Ausdruck:

Wir tragen alle eine Welt von Dingen in uns;

Jeder seine eigene Welt!

aus: „Sechs Personen suchen einen Autor“ von Luigi Pirandello²²

Die Informationsaufnahme beim Lernprozess kann als Rekonstruktion der Umwelt aufgefasst werden, die durch Interaktion der Umwelt mit der mentalen Struktur der Lernenden erfolgt²³; diese Struktur ist jedoch bei jedem Menschen verschieden. Bei der Vermittlung von Lerninhalten können deswegen unter anderem folgende Situationen auftreten:

- Fragt man eine Gruppe von Personen, die sich zuvor mit dem gleichen Lerngegenstand beschäftigt hat, nach dessen Inhalt, so wird man viele verschiedene Beschreibungen des gleichen Gegenstandes erhalten, die jeweils besondere Akzente setzen.
- Wird einer Gruppe von Studierenden ein bestimmter Inhalt vermittelt, so werden Lehrende verschiedene Erklärungsansätze - vielleicht sogar unter Einsatz von „Händen und Füßen“ - anbieten müssen, bis die gesamte Gruppe den Zusammenhang versteht.

Diese beiden Beispiele machen deutlich, dass unsere Wahrnehmung unter anderem durch individuelle Vorlieben, Abneigungen und Erfahrungen den betrachteten Gegenstand verfälscht, was zu unterschiedlichen Konstruktionen in den Gehirnen der Lernenden führt. Das Erlebte wird an die eigene mentale Realität angepasst²⁴.

Lernen ist somit ein autonomer, schöpferischer Prozess, der bei jedem Menschen anders verläuft. Wissen kann letztendlich nicht auf direkte Weise vermittelt werden, sondern Lernende müssen das präsentierte Wissen aktiv in ihre kognitive Struktur integrieren. Dafür müssen sinnvolle Lernanlässe geschaffen werden, die durch Anregungen und Hilfestellungen begleitet werden²⁵.

Da jede/r Lernende also auf unterschiedliche Weise das Lernmaterial betrachtet, sollten auch unterschiedliche Zugänge zum Inhalt angeboten werden. Dies kann computerunterstütztes Lernen dahin gehend fördern, dass die Inhalte nicht linear, sondern vernetzt aufgebaut werden können und es somit keinen vorgegebenen Lernpfad gibt. Das Material kann also entsprechend den eigenen Vorstellungen bearbeitet und angepasst werden. Da durch diese Methode Schwerpunkte gesetzt werden können, wird die Eigenaktivität gefördert und die Vermittlung anwendbaren Wissens ermöglicht²⁶. Ein weiterer Vorteil des computerunterstützten Lernens liegt darin, dass das Medium Ton eingebunden werden kann. Auf diese Weise kann ein Text gleichzeitig gelesen und gehört werden. Dies kommt Lernenden entgegen, die bei der Informationsaufnahme weniger visuell, sondern stärker auditiv ausgerichtet sind. Auditive Elemente können zudem die visuellen Sinne entlasten; Lernende müssen nicht mehr mit dem Blick

zwischen Bild und Text wechseln, sondern können sich intensiver mit dem Bild beschäftigen, während sie die Erläuterungen hören²⁷. So konnte MAYER²⁸ zeigen, dass der problemlösende Transfer bei Studierenden, welche Animationen mit vertonten Erklärungen bekamen, höher war als bei Studierenden, welche die gleiche Animation ohne Vertonung zur Verfügung hatten.

2.2.2 Interaktivität

Die Interaktivität gilt als hohes Potenzial in der computergestützten Wissensvermittlung; in ihr liegt zugleich einer der wesentlichen Unterschiede zwischen dem Lernen mit so genannten klassischen Medien und dem computerunterstützten Lernen²⁹. Interaktivität bedeutet, dass Lernende durch das Programm eine Reihe von Eingriffs- und Steuerungsmöglichkeiten erhalten, mit denen sie aktiv auf das Programm einwirken können³⁰.

Nach Haack³¹ werden verschiedene Merkmale der Interaktivität unterschieden. In den folgenden Beispielen nimmt der Grad an Interaktivität jeweils zu:

1. Abrufen von Informationen, umblättern, zu Kapiteln springen
2. Multiple Choice-Aufgaben, Verzweigung auf Zusatzinformationen
3. Aktivierung von Zusatzinformationen durch Markierung von Textteilen, arbeiten mit Simulationen und Animationen
4. freie Eingabe von Texten mit tutorieller Rückmeldung
5. freier Dialog mit einem Tutor oder anderen Lernenden

Niedrige Interaktivität liegt demnach vor, wenn die Steuerungsmöglichkeiten der Lernenden auf die Navigation durch die Lerninhalte beschränkt sind. Je freier die Steuerungs- und Kommunikationsmöglichkeiten werden, desto höher ist der Grad der Interaktivität des Programms.

Wie aus den Beispielen ersichtlich spielt die Interaktivität bei der Gestaltung der Lernumgebung und der Lerninhalte eine große Rolle. Je interaktiver das Programm ist, desto eher ist eine problemorientierte und intensive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand möglich.

Ein hohes Maß an Interaktivität ermöglicht eine Individualisierung des Lernens sowie die Exploration³² von Inhalten. Ein weiterer Vorteil ist in der

Motivationssteigerung zu sehen. Das interaktive Arbeiten - zum Beispiel mit Simulationen und Animationen - bietet zudem eine vielseitige, individuelle und damit intensivere Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand³³. Sie ermöglicht zudem neue Perspektiven in der Unterstützung verschiedener Lernformen³⁴, die bereits in Abschnitt 2.2.1 erläutert worden sind.

Ein weiterer Aspekt der Interaktivität tritt zu Tage, wenn man die Seite der Lernenden betrachtet. Im Gegensatz zur sozialen Interaktion bleibt die Interaktion stets ohne Folgen, die Rückmeldungen des Computers beinhalten zudem keine persönliche Wertung - man spricht dabei von der Sanktionsfreiheit der Interaktion³⁵. In der sozialen Interaktion hingegen existiert kein „zurück“-Knopf, mit dem einmal gewählte Aktionen rückgängig gemacht werden können. Zudem bleibt die Interaktion anonym, da bei Diskussionsforen oder anderen Kommunikationsformen mit einem Pseudonym gearbeitet werden kann. Es wird vermutet, dass gerade in der Anonymität und Sanktionsfreiheit Gründe für die Beliebtheit des Computers liegen.

2.2.3 Dynamische Darstellungsformen

Unter dem Begriff der dynamischen Darstellungsformen werden in dieser Arbeit zeitabhängige Elemente wie zum Beispiel Animationen und Filme und zeitunabhängige interaktive Elemente (Applets, Simulationen) zusammengefasst. Applets und Simulationen unterscheiden sich von den zeitabhängigen Darstellungen dadurch, dass sie sich nur durch die Aktion der Lernenden verändern. Diese Veränderungen bauen dabei nicht hierarchisch aufeinander auf, sondern hängen alleine von der gewählten Reihenfolge der Lernenden ab. Filme und Animationen hingegen folgen einer starren Sequenz, sie haben also einen Anfang und ein Ende³⁶. Beide können gestartet und angeschaut werden, ohne dass eine weitere Aktion nötig ist.

Dynamische Darstellungsformen sind dann sinnvoll einsetzbar, wenn komplexe Sachverhalte allein durch Text und Abbildungen nicht sachgerecht vermittelt werden können³⁷. Dies kann etwa die zeitliche Abfolge eines Vorganges, zum Beispiel einer Reaktion, sein. Filme können dabei makroskopische (Apparatur etc.) Aspekte, Animationen auf Teilchenebene

mikroskopische Aspekte einer Reaktion dynamisch darstellen. In der physikalischen Chemie können Animationen oder auch Simulationen unter anderem thermodynamische und kinetische Sachverhalte wie etwa im Bereich des chemischen Gleichgewichtes, der kinetischen Gastheorie oder Kreisprozesse veranschaulichen und sie interaktiv steuerbar machen. Besonders wenn im Rahmen der Praktika die betreffenden Versuche nicht angeboten werden können, bieten Simulationen die Möglichkeit, sich intensiver als nur durch Texte und Abbildungen mit den Zusammenhängen zu beschäftigen. Dadurch können vor allem technische Prozesse entdeckend gelernt und problemorientiert betrachtet werden, was ein tieferes Verständnis der Inhalte fördert.

2.2.4 Räumliche Darstellungsformen

In der Chemie spielt die räumliche Ausdehnung einer Verbindung eine wichtige Rolle, weil unter anderem chemische und physikalische Eigenschaften sowie Reaktionsverläufe stark von der räumlichen Struktur der beteiligten Verbindungen abhängen. Oft haben Studierende Probleme beim Verständnis von Reaktionsmechanismen oder stereochemischen Betrachtungen, weil die herkömmlichen Medien, die ihnen zur Verfügung stehen, die räumlichen Beziehungen nicht darstellen können. Zudem sind die handelsüblichen Modellbaukästen relativ teuer und bieten oftmals nur begrenzte Möglichkeiten der Visualisierung.

Hier bietet der Computer in geradezu idealer Weise die Möglichkeit, räumliche interaktive Strukturen einzubinden³⁸. Dabei ist vor allem das Plugin Chime der Firma MDL[®] Information Systems, Inc.³⁹ zu nennen, das bei HTML-basierten Programmen eingesetzt werden kann. Mit dieser kostenlosen Browsererweiterung ist es möglich, Strukturen von chemischen Verbindungen dreidimensional in die Inhalte einzubinden.

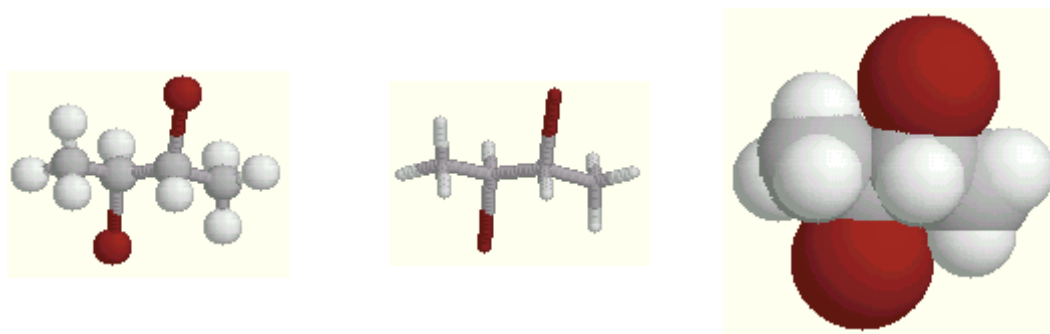


Abbildung 1: räumliche Darstellungen von 2R,3S-Dibrombutan mit Chime

Chime ermöglicht es den Lernenden, mit der Maus die Darstellung zu manipulieren, indem sie unter anderem die Ansicht des Moleküls (Kugelstabmodell, Kalottenmodell...) verändern, es in jede beliebige Position drehen oder sich Winkel und Bindungslängen anzeigen lassen. Zusätzlich besteht für die Entwickler die Möglichkeit, Scripte für das Plugin zu hinterlegen, die dann auf Knopfdruck von den Lernenden aktiviert und somit bestimmte Aktionen ausgelöst werden können. Neben der Änderung der Darstellung sind auf diese Weise auch Animationen generierbar.

Die Einbindung von dreidimensionalen Strukturen kann vor allem bei ungeübten Lernenden die räumliche Vorstellungskraft fördern.

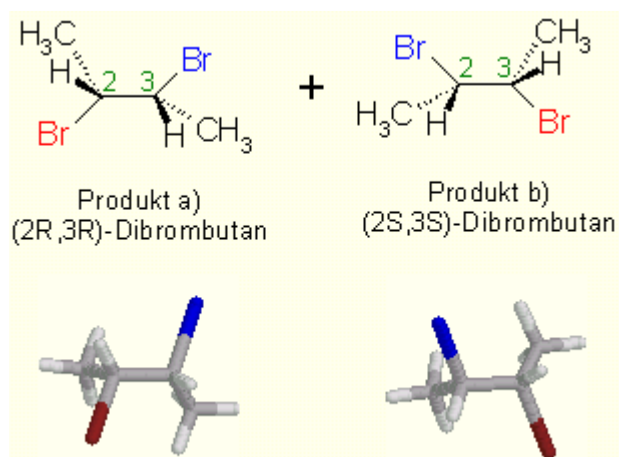


Abbildung 2: Gegenüberstellung von zweidimensionalen und dreidimensionalen Strukturen mit Chime (unten)

Vor allem die Gegenüberstellung der zwei- und dreidimensionalen Struktur einer Verbindung kann helfen, eine Vorstellung über die räumliche Ausdehnung von Verbindungen zu entwickeln, so dass es den Lernenden

zunehmend leichter fällt, diese selbstständig aus der zweidimensionalen Struktur abzuleiten.

2.3 Didaktisches Design

2.3.1 Begriffsklärung

Im Begriff „Didaktisches Design“, 1987 von Flechsig eingeführt⁴⁰, vereinen sich zwei Begriffe, die scheinbar wenig gemeinsam haben. Didaktik ist die Wissenschaft des Lehrens und Lernens, und als Design wird das Zusammenspiel von Gestaltung und Funktion bezeichnet. Didaktisches Design ist demnach die Anwendung didaktischer Prinzipien auf die graphische und funktionelle Gestaltung der Benutzeroberfläche eines Lehr-/Lernprogramms.

Der gesamte äußere Rahmen, den das Lehr-/Lernprogramm mit seinen unterschiedlichen Aufgaben um den zu vermittelnden Inhalt spannt, wird auch als Lernumgebung bezeichnet. Im Besonderen geht es um die Gestaltung der Lernmaterialien sowie der Benutzeroberfläche.

Wie ein Lernprogramm didaktisch so gestaltet werden sollte, dass es diese Aufgabe erfüllt, wird durch die Prinzipien des didaktischen Designs beschrieben.

2.3.2 Prinzipien des didaktischen Designs

2.3.2.1 Grundlagen

Die allgemeinen Grundsätze des didaktischen Designs sind auf die mediale Vermittlung des Wissens angepasste didaktische Prinzipien, wie sie auch in den klassischen Unterrichtsmethoden Anwendung finden. Die neuen Lernumgebungen gehen jedoch weiter und verknüpfen konstruktivistische mit kognitivistischen Ansätzen. Diese Methode wird als Instruktionsdesign der zweiten Generation bezeichnet⁴¹. Sie lässt sich zum Beispiel daran

erkennen, dass Lernenden sowohl viel Freiraum bei der selbstständigen Auswahl der Inhalte und der Vorgehensweise beim Lernen gelassen wird, gleichzeitig fertige Lerneinheiten angeboten werden, die aufeinander aufbauen und somit einen Lernweg implizieren.

Die Lernumgebung ist die Schnittstelle zwischen Lernenden und Lerninhalten, sie übernimmt also einige der didaktischen Aufgaben, die in klassischen Lehr-/Lernsituationen von den Lehrenden ausgeführt werden. Dazu muss sie zunächst einmal neugierig auf die Inhalte machen und die Lernenden motivieren, sich mit ihnen zu beschäftigen. Bei der Vermittlung der Inhalte muss sie Vorwissen aktivieren sowie über die Ziele informieren und damit einen roten Faden für die Lernenden bereit stellen. Eine weitere didaktische Anforderung an eine gute Lernumgebung sind Hilfsangebote zur Benutzung der Lernumgebung und zur Bearbeitung der Lerneinheiten; Hilfen zur Gestaltung der eigenen Lernaktivitäten, welche die Metakognition fördern, wären ebenfalls denkbar und wünschenswert.

Ein ebenfalls wichtiges Moment ist die Benutzerautonomie der Lernenden, die nicht vom System beschnitten werden darf; sie bedeutet, dass den Lernenden zwar Entscheidungshilfen - zum Beispiel durch Empfehlungen - an die Hand gegeben werden, den Lernenden jedoch keine Entscheidung abgenommen oder sie gar zu bestimmten Vorgehensweisen gezwungen werden. So muss es etwa immer möglich sein, Aktionen rückgängig zu machen, Vorgänge jederzeit abubrechen oder Empfehlungen nicht zu folgen. Die Lernumgebung muss also offen gestaltet werden, damit sie diese Autonomie nicht beschneidet. Zudem sollten die Lernenden das System auf ihre Bedürfnisse anpassen können, was auch als Adaptierbarkeit des Systems bezeichnet wird. Die bedeutet unter anderem, dass zwischen verschiedenen Schwierigkeitsgraden gewählt, das System an die eigenen Lernvoraussetzungen angepasst oder die Lehrmethode (zum Beispiel eine mehr oder weniger strukturierte Vermittlung) ausgesucht werden kann⁴². Adaptivität hingegen kennzeichnet Programme, die sich auf Grund des Verhaltens der Lernenden automatisch an die Lernvoraussetzungen anpassen⁴³. Dies kann sich je nach Programm in der Änderung der

Vermittlungsstrategie (starke vs. schwache Lenkung) oder der Anpassung der Lernziele äußern.

Alle genannten Anforderungen sind unabhängig von der Lehrstrategie bzw. dem didaktischen Konzept, nach dem die Inhalte vermittelt werden sollen. Wünschenswert ist jedoch eine Gestaltung der Inhalte, die den Lernenden Freiräume zur intensiven Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt bieten, also mehr tutoriell als auf Instruktion ausgerichtet sind.

2.3.2.2 Benutzeroberfläche

Die wichtigste Aufgabe der Benutzeroberfläche ist zweifelsohne die Übernahme didaktischer Funktionen zur Unterstützung des Lernprozesses, unter anderem⁴⁴:

- Zielangabe
- Darbietung der Inhalte
- Hilfestellungen geben
- Anbieten von Übungen zur Sicherung des Gelernten
- Erfolgsrückmeldungen (Feedback)

Die Benutzeroberfläche muss so gestaltet werden, dass sie zum Lernen wichtige Hilfsmittel übersichtlich zur Verfügung stellt und gleichzeitig nicht vom eigentlichen Lerninhalt ablenkt, denn die Effektivität des Lernens wird maßgeblich von ihr beeinflusst⁴⁵. Im Bereich des Chemielernens sind diese Hilfsmittel zum Beispiel ein Periodensystem, ein Moleküleditor, chemische Tabellen sowie eine Datenbank zu chemischen Verbindungen. Hilfsmittel allgemeiner Art sind unter anderem ein Glossar, eine Volltextsuche, ein Index sowie verschiedene Kommunikationsmittel: Diskussionsforum, schwarzes Brett, Mailsystem zum Tutor (asynchrone Kommunikationsformen) oder Chat, Whiteboard und Application Sharing (synchrone Kommunikationsformen). Wichtige Hilfsmittel, die zum Lernen oft verwendet werden müssen, sollten direkt mit nur einem Mausklick erreichbar sein, die anderen sind in Menüs untergebracht. Auch für die Benutzung der Lernumgebung muss eine Hilfe zur Verfügung stehen, in der alle verwendeten Symbole und der Inhalt der Menüs erklärt werden, um auch im

Umgang mit Computern unerfahrene Lernende in die Lage zu versetzen, mit dem Programm zu lernen.

2.3.2.3 Navigation

Neben der Unterbringung der Hilfsmittel muss eine didaktisch gelungene Lernumgebung eine intuitive und effiziente Navigation durch das Lernmaterial ermöglichen. Navigation bedeutet zum einen, dass die Lernenden zu jedem Zeitpunkt wissen, wo innerhalb des Systems sie sich gerade befinden. Zum anderen ermöglicht eine gute Navigation den Lernenden die zielorientierte Steuerung durch das System. Sie können jederzeit überprüfen, wo sie sich innerhalb der Lerneinheit gerade befinden und wie viel sie bereits geleistet haben bzw. noch leisten müssen, um diese zu beenden. Für die Standortbestimmung gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten: Die aktuelle Seite kann in Bezug zur Gesamtseitenzahl gesetzt werden („Sie befinden sich auf Seite 4 von 10.“), der prozentuale Anteil der bereits gelesenen Seiten in einem Balken dargestellt oder unter Verwendung eines Baumdiagramms die aktuelle Seite farblich hervorgehoben werden.

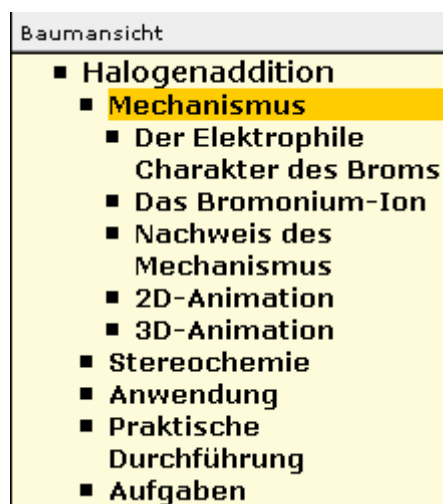


Abbildung 3: Baumdiagramm des Kapitels „Halogenaddition“

Die Steuerungselemente sind so zu gestalten, dass ihre Funktion eindeutig aus ihrer Gestaltung hervorgeht. Dabei ist es oft hilfreich, Metaphern zu verwenden. Metaphern sind rhetorische Figuren, die aus dem Alltag

übernommen werden, um die Benutzerfreundlichkeit zu steigern⁴⁶. Ein Beispiel für eine Metapher ist der Desktop des Betriebssystems Windows, das an einen Schreibtisch erinnert. Dateien werden nicht gelöscht, sondern in den Papierkorb geworfen, und statt Verzeichnissen werden Ordner angelegt. Bei der Gestaltung der Steuerungselemente kann zum Beispiel die Metapher des CD-Spielers helfen, diese in ihrer Bedeutung eindeutig werden zu lassen.

2.3.2.4 Einsatz von Farben

Die farbliche Gestaltung einer Lernumgebung spielt eine nicht unwesentliche Rolle, denn die Augen der Lernenden sind stets auf den Bildschirm gerichtet. Farben helfen, eine angenehme Atmosphäre zu schaffen, die zur Bearbeitung der Inhalte motivieren⁴⁷. Für die Präsentation des Inhaltes sind prinzipiell helle, jedoch nicht grelle Farbtöne (zum Beispiel Hellgelb, Hellblau) geeignet, da ein heller Farbton die Aufmerksamkeit auf sich zieht. Die farbliche Gestaltung der Menüleiste kann entweder mit der gleichen Farbe, jedoch in einem dunkleren Ton oder mit einer anderen, jedoch ebenfalls dunkleren Farbe erfolgen. Auf die Kombination Weiß mit Grautönen („Grau – Die Farbe ohne Charakter.“)⁴⁸ sollte verzichtet werden, da dann die Lernumgebung trist und langweilig erscheint und keine Neugier erzeugt. Die farbliche Kombination sollte nie innerhalb des Programms geändert, sondern konsistent genutzt werden. Bei der Präsentation des Inhaltes helfen Farben, Merksätze oder Hinweise farblich vom übrigen Text abzusetzen und somit besonders hervorzuheben. Insgesamt sollte die gesamte Lernumgebung farblich ruhig und ausgewogen gestaltet sein. Blinkende Elemente oder kleine Animationen, die sich immer wiederholen, lenken zu sehr vom eigentlichen Zweck, nämlich zu lernen, ab und sollten unter keinen Umständen als gestalterische Elemente benutzt werden.

2.3.2.5 Aufbau der Seiten

Die Seiten müssen ebenso wie die Lernumgebung übersichtlich aufgebaut sein. Damit die Inhalte optimal präsentiert werden, darf die Seite nicht zu voll

wirken. Eine Seite, die angefüllt mit Text und Abbildungen ist und keine freien Räume lässt, behindert die Orientierung, erschwert das Auffinden von Inhalten und hemmt damit den Lernprozess. Das gleiche gilt für die Länge einer Seite, denn es hat sich herausgestellt, dass der überwiegende Anteil des Inhaltes, der weit unten auf einer langen Seite steht, nicht zur Kenntnis genommen wird⁴⁹. Des Weiteren muss die Formulierung der Texte sehr sorgfältig erfolgen, um den Inhalt so anschaulich wie möglich zu vermitteln und Missverständnisse möglichst auszuschließen. Zur Formulierung von Texten wird an dieser Stelle besonders auf die Verständlichmacher von SCHULZ VON THUN⁵⁰ hingewiesen. Da das Lesen von Texten auf dem Bildschirm etwa 10 – 20 Prozent länger dauert als von Texten, die auf Papier gedruckt sind⁵¹, sollten die Seiten nicht überfrachtet werden.

Die Einbindung von Abbildungen, Animationen, Simulationen etc. muss darauf ausgerichtet sein, den Inhalt optimal darzustellen. Das Medium, welches zur Darstellung eines Sachzusammenhangs eingesetzt wird, muss diesen besser vermitteln als alle anderen. So ist es zum Beispiel nicht zielgerichtet, ein Tortendiagramm zur Darstellung der Verwendungsgebiete einer chemischen Verbindung als Animation einzubinden, da eine Abbildung die gleiche Information beinhaltet. Ein exzessiver, nicht zielgerichteter Medieneinsatz trägt dazu bei, dass Lernprozesse nicht optimal verlaufen.

Zusammenfassend können in Anlehnung an NIELSEN⁵² folgende Regeln für gutes didaktisches Design formuliert werden:

1. Die Gestaltung der Lernumgebung muss sich an den Bedürfnissen der Lernenden orientieren.
2. Der Medieneinsatz in den Lerneinheiten sollte stets zielorientiert erfolgen und nicht, um die technischen Möglichkeiten des Computers zu demonstrieren.
3. Die Lernumgebung sollte die intensive Beschäftigung mit dem Lerninhalt fordern und fördern.
4. Das System muss adaptierbar sein.
5. Die Lernumgebung muss verschiedene Lernwege zulassen.

2.4 Integrative Nutzung des Internet

Bei HTML-basierten Programmen besteht über den Browser grundsätzlich die Möglichkeit, das Internet direkt einzubinden, womit sich weitere Potenziale für das Lernen eröffnen. Über die Verlinkung zu Angeboten aus dem Internet auf den Inhaltsseiten können aktuelle Informationen wie zum Beispiel neueste Forschungsergebnisse, die noch nicht in Lehrbüchern eingearbeitet worden sind, schnell und ohne aufwändiges Suchen in Zeitschriften angeboten werden. Diese Nutzung des Internet für das Lernen erfordert jedoch eine redaktionelle Betreuung der Lernsoftware, da alle eingebundenen Links Pflege erfordern: Veraltete Links müssen entfernt sowie aktuelle sinnvolle Angebote im Internet neu eingebunden werden. Darüber hinaus können Lernende selbst durch die Nutzung von verschiedenen Suchmaschinen aktiv nach Zusatzinformationen suchen. Sie müssen dabei jedoch in der Lage sein, die gefundenen Informationen in ihrer Wichtigkeit und sachlichen Korrektheit zu beurteilen, was erst bei bereits inhaltsvertrauten Lernenden zu erwarten ist⁵³. Für Studienanfänger ist der Nutzen der selbstständigen Informationssuche im World Wide Web eher gering einzustufen und sollte sich auf die Benutzung sicherer Quellen (zum Beispiel die Crossfire-Datenbank) beschränken.

Neben der Einbindung von oder der eigenen Suche nach externen Seiten kann über das Internet ein Diskussionsforum eingerichtet werden. Dort werden - geordnet nach Themengebieten - Nachrichten (Fragen, Hinweise) an ein virtuelles schwarzes Brett geheftet. Andere Nutzer des Programms, die sich irgendwo auf der Welt befinden können, antworten auf die Nachrichten. Auf diese Weise entsteht ein asynchroner Dialog, an dem sich beliebig viele Lernende beteiligen können⁵⁴.

2.5 Grenzen des computerunterstützten Lernens

Wie in den vorigen Abschnitten erläutert, bietet das computerunterstützte Lernen viele neue Perspektiven und Potenziale für das Selbststudium. Doch das Lernen mit dem Computer bringt in verschiedener Hinsicht auch Nachteile mit sich.

Lernende, deren metakognitive Fähigkeiten nur wenig entwickelt sind, laufen Gefahr, bei einer offenen Gestaltung des Programms überfordert zu werden. Zusätzlich zum Bearbeiten des Lerninhalts sind zusätzliche kognitive Prozesse zur Steuerung des Programms nötig, und nach Konzeption des Programms müssen die benötigten Lerninhalte alleine in einem Lernweg zusammengestellt werden, was bei der Benutzung von Lehrbüchern entfällt. Sie brauchen deshalb zusätzliche Arbeitsphasen, in denen ihnen durch prozessorientierte Lehrmethoden metakognitive Fähigkeiten vermittelt werden. Es ist auch denkbar, Exkurse mit metakognitiven Inhalten in das Lernprogramm zu integrieren, welche idealerweise tutoriell begleitet werden.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass der Computer im Gegensatz zu kooperativen Lernformen eine geschlossene Lernform darstellt. Lernende können ihre eigenen Erfahrungen und Überlegungen nicht in das System einbringen und Verständnisprobleme können nur bei tutorieller Begleitung beseitigt werden. Um die Nachteile des computerunterstützten Lernens abzuschwächen, ist es demnach sinnvoll, die Lernphasen am Computer mit kooperativen Lernformen zu kombinieren, in denen Lernende in direkten Kontakt zueinander treten. Der Nachweis einer höheren Effizienz beim Lernen konnte bisher noch nicht befriedigend erbracht werden. Vor allem bei der hypertextuellen Gestaltung droht eine Überforderung der Lernenden, da sie zusätzlich zum Lernprozess noch viele andere kognitive Prozesse durchführen müssen⁵⁵. Außerdem können nicht ohne weiteres Materialien aus der Bibliothek oder Mitschriften aus Seminaren oder Übungen nahtlos integriert werden, sondern es wird von den Lernenden ein ständiger Medienwechsel zugemutet, worunter die Übersicht über den Lerninhalt verloren gehen kann. Multimediale Lernangebote sollten sich deshalb auf die

Vermittlung von Sachverhalten beschränken, wo die klassischen Medien versagen⁵⁶. Im Bereich der Chemie sind in dieser Hinsicht viele Anlässe zu finden, da das Verständnis von Chemie unteilbar mit dem Verständnis dynamischer Prozesse verknüpft ist. Instrumente für die Vermittlung dieser Inhalte sind die bereits erläuterten dynamischen und räumlichen Darstellungsformen wie Simulationen, Animationen oder dreidimensionale Molekülmodelle. Es ist nun die besondere Herausforderung, die Möglichkeiten des Computereinsatzes innerhalb seiner Grenzen optimal auszunutzen.

3 Lernkontrolle mit dem Computer

Obwohl in der fachdidaktischen Literatur relativ ausführlich auf die Gestaltung und Taxonomie der Lernkontrolle allgemein eingegangen wird, findet sich im speziellen Bereich des Lernens mit dem Computer kaum Literatur zu diesem Thema. Eine relativ ausführliche Betrachtung der Lernkontrolle mit dem Computer findet sich nur bei EULER⁵⁷, POHL⁵⁸ und YASS⁵⁹.

Bei der Lernkontrolle innerhalb des computerunterstützten Lernens werden die lernpsychologischen Grundsätze keinesfalls außer Kraft gesetzt. Eine sinnvolle Selbststeuerung des Lernprozesses kann nur durch eine ausreichende Wissensdiagnose vollzogen werden⁶⁰, was in der Regel durch die Bearbeitung von Aufgaben geschieht. In einem ersten Schritt werden dabei die neu gelernten Inhalte zunächst reproduziert, um sie zu festigen und für tiefer gehende Übungen zur Verfügung zu halten⁶¹.

Die Lernenden haben in der Regel keine Möglichkeit, sich von außen Hilfe zu holen, da sie sich in einer geschlossenen Lernsituation bewegen. Die Konzeption von Aufgaben muss dieser Situation durch eine sinnvolle und widerspruchsfreie Gestaltung der Aufgaben gerecht werden. Bevor auf die speziellen Aspekte der Lernkontrolle mit dem Computer eingegangen wird (3.3), sollen zunächst die Aufgaben einer Lernkontrolle (3.2) erläutert werden. Es folgen Ausführungen zu den gängigen Aufgabentypen (3.4). Die Gestaltung von Hilfen (3.5) und Rückmeldungen (3.6) beim computerunterstützten Lernen bilden den Abschluss des Kapitels.

3.1 Zum Begriff „Lernkontrolle“

Der Begriff der Lernkontrolle wird in dieser Arbeit nicht im lernpsychologischen Sinn als Kontrolle des Lernprozesses verstanden; in diesem Sinne ist Lernen ohnehin nicht kontrollierbar. Lernkontrolle im Sinne

dieser Arbeit ist die Kontrolle des neu angeeigneten Wissens und Verständnisses auf Richtigkeit und Anwendbarkeit durch die Lernenden. Die Aufgaben einer Lernkontrolle im genannten Sinne werden im nächsten Abschnitt beleuchtet.

3.2 Aufgaben einer Lernkontrolle

Inhalte werden erst dann dauerhaft gelernt, wenn sie nicht nur durchgelesen und -gearbeitet, sondern wiederholt angewendet und Lernende somit in die Lage versetzt werden, ihr neues Wissen auf andere Probleme und Situationen zu übertragen⁶²; andernfalls bleibt es ungenutzt und wird schnell wieder verlernt. Hinzu kommt, dass man sich ohne Anwendung letztendlich nicht sicher sein kann, neue Begriffe oder Zusammenhänge richtig verstanden zu haben. Eine wichtige Bedeutung kommt dabei der Wiederholung bald nach dem ersten Lernen zu⁶³.

Eine selbstständige Lernkontrolle soll die Lernenden dazu befähigen zu beurteilen, ob sie die neuen Inhalte richtig gelernt haben. Dies bedeutet unter anderem, dass sie nach der Durchführung der Lernkontrolle beurteilen können,

- ob sie die Definitionen der neu gelernten Begriffe kennen, sie im richtigen Kontext benutzen sowie Beispiele und Gegenbeispiele nennen können und
- ob sie Zusammenhänge (zum Beispiel Reaktionsmechanismen und -wege) darstellen oder erläutern können.

Somit kommt der Lernkontrolle eine wichtige Aufgabe zu. Sie gewährleistet - sofern regelmäßig in verschiedenen Kontexten wiederholt - eine dauerhafte Verankerung und Verfügbarkeit des Wissens. Zudem ist die motivierende Wirkung und Förderung der Behaltensleistung von richtig gelösten Aufgaben nach Beendigung einer Lerneinheit nicht zu unterschätzen, zeigen sie doch, dass man gut gearbeitet hat⁶⁴. Die Notwendigkeit einer Lernkontrolle während der Bearbeitung einer Lerneinheit auch im Bereich des

computerunterstützten Lernens wurde zudem durch eine Studie von SCHANZE⁶⁵ herausgestellt.

Aufgaben können jedoch auch auf andere Weise eingesetzt werden⁶⁶. Offene Fragen am Anfang einer Lerneinheit oder einer ihrer Teilabschnitte dienen als Motivation, indem sie zum Beispiel Probleme aufwerfen, die in der dann folgenden Lerneinheit thematisiert und bearbeitet werden sollen⁶⁷. Neben diesem Motivationsaspekt können Aufgaben zu Beginn einer Lerneinheit auch zur Steuerung des Lernweges dienen⁶⁸. Diese Fragen haben dann zum einen das Ziel, den Lernenden Empfehlungen für das weitere Lernen zu geben, zum anderen ihnen die Sicherheit zu geben, dass das benötigte Wissen vorhanden ist, um die Lerneinheit erfolgreich zu bearbeiten. Zudem wird das benötigte Vorwissen aktiviert, was einen zusätzlichen positiven Effekt auf den folgenden Lernprozess ausübt. Gegebenenfalls kann auch von der Bearbeitung der folgenden Lerneinheit abgeraten werden.

Aufgaben können ebenfalls nach einem in sich geschlossenen Teilabschnitt einer Lerneinheit angeboten werden und dienen dann dazu, den Abschnitt zusammenzufassen. Dies kann wichtig sein, wenn die behandelten Sachverhalte für das Verständnis des folgenden Abschnitts erforderlich sind. Hier kann die Wiederholung des Abschnitts empfohlen werden, um das weitere Lernen zu erleichtern.

Durch die Aufgabenbearbeitung am Ende einer Lerneinheit können Empfehlungen über den dann folgenden Lernweg ausgesprochen werden. Außerdem können Aufgaben zu einer eigenen „Lerneinheit“ zusammengefasst werden und sich inhaltlich auf mehrere Lerneinheiten beziehen. Es kann ein größerer Zusammenhang wiederholt und angewendet werden, zum Beispiel als Vorbereitung auf eine Klausur. Auch hier ist es möglich, den Lernenden beratend die Wiederholung bestimmter Lerneinheiten oder Teilabschnitte zu empfehlen. Zusammenfassend werden die unterschiedlichen Aufgaben einer Lernkontrolle in Abhängigkeit ihrer Platzierung in Tabelle 3 dargestellt.

Es ist zu betonen, dass durch das System ausgesprochene Empfehlungen prinzipiell nie dazu führen dürfen, den Lernenden bestimmte Lernwege

aufzuzwingen bzw. vorzuenthalten. Auch wenn von einer Lerneinheit abgeraten wird, muss sie für die Lernenden zur Verfügung stehen. Die Verantwortung für den eigenen Lernweg darf den Lernenden unter keinen Umständen vom Programm aus der Hand genommen werden. Dies widerspräche den Grundsätzen des selbstständigen Lernens, der Benutzerautonomie sowie eines guten didaktischen Designs. Die Verantwortung für den eigenen Lernweg zu übernehmen bedeutet auch, dass die Lernkontrolle zu keiner Zeit eine Verpflichtung darstellt. Lernende sollen die Aufgaben stets freiwillig bearbeiten oder aber auch überspringen können, um sie zu einem späteren Zeitpunkt zu lösen – oder gar nicht zu bearbeiten.

Platzierung	Aufgabe
vor Beginn einer Lerneinheit	Aktivierung des Vorwissens
während einer Lerneinheit	Sicherung von Teilergebnissen
am Ende einer Lerneinheit	Wiederholung und Anwendung der Lerneinheit
Nach mehreren Lerneinheiten	Wiederholung und Anwendung größerer Zusammenhänge

Tabelle 3: Aufgaben einer Lernkontrolle bei unterschiedlicher Platzierung

Eine sinnvoll gestaltete Lernkontrolle beinhaltet drei verschiedene Niveaus von Aufgaben: Reproduktions-, Anwendungs- und Transferaufgaben. Reproduktionsaufgaben haben ein niedriges Niveau, Transferaufgaben das höchste⁶⁹. Es sollte stets mit den erstgenannten begonnen werden, damit sich das Wissen durch Wiederholung und Anwendung langsam festigen kann. Transferaufgaben bilden den Abschluss einer Lernkontrolle, da man auf unterschiedliches Wissen zurückgreifen und es neu kombinieren muss.

3.2.1 Reproduktionsaufgaben

Reproduktionsaufgaben wiederholen die Inhalte, die im Kapitel vermittelt wurden, in unverfälschter Art und Weise. Dies bedeutet, dass zum Beispiel ein Mechanismus an der selben Reaktion wiederholt wird, die bei der

Erarbeitung benutzt worden ist. Reproduktion kann in unterschiedlichen Formen geschehen, unter anderem

- als Wiedergabe von Sachverhalten im gelernten Zusammenhang oder
- als Beschreibung und Verwendung gelernter und geübter Arbeitstechniken in einem wiederholenden Zusammenhang^{70,71}.

3.2.2 Anwendungsaufgaben

In diese Kategorie fallen Aufgaben, die über die reine Wiederholung hinaus gehen. Solche Aufgaben beinhalten das selbstständige Verarbeiten und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten sowie das selbstständige Übertragen auf vergleichbare, aber neue Inhalte^{67,68}. In der Chemie sind dies zum Beispiel Aufgaben, in denen

- ein Mechanismus mit anderen, noch nicht verwendeten Verbindungen aufgeschrieben werden soll,
- Zusammenhänge zwischen Daten erläutert werden sollen,
- Verbindungsbeispiele für eine vorgegebene Stoffklasse gesucht werden müssen,
- Verbindungen nach verschiedenen Gesichtspunkten sortiert oder klassifiziert werden (zum Beispiel Nucleophilie, Aromatizität, Hydriophilie...),
- das gelernte Grundwissen auf technische Verfahren oder Umweltprobleme angewendet wird.

3.2.3 Transferaufgaben

Transfer wird auch als Lernübertragung bezeichnet⁷². Darunter wird die Beeinflussung des neuen Lerninhaltes durch vorher Gelerntes verstanden; sie kann positiv (neuer Inhalt wird leichter verstanden) oder negativ (Verständnis wird erschwert) sein. Voraussetzung für einen positiven Transfer ist die Verfügbarkeit der gelernten Sachverhalte⁷³ wie zum Beispiel Regeln oder Begriffe, die dann neu kombiniert und angewendet werden.

Bei Aufgaben, die Transferleistungen fordern, müssen die Studierenden selbstständig neue Sachverhalte verarbeiten, indem sie zum Beispiel

- vertraute Sachverhalte bei neuen Inhalten einsetzen,
- Lösungen zu Problemen entwickeln,
- Argumentationszusammenhänge auf Stimmigkeit überprüfen,
- Wertungen von Daten vornehmen

Der Transfer kann sowohl spezifisch als auch unspezifisch (früher: vertikal und lateral) erfolgen. Beim Ersten werden konkrete (spezifische) Fähigkeiten eingesetzt, um neue Fähigkeiten zu lernen (zum Beispiel das Identifizieren von elektronenreichen Molekülbereichen bei der Betrachtung eines neuen Mechanismus), beim Zweiten werden allgemeine Ideen und Methoden eingesetzt, um sich neue Methoden anzueignen („Das Lernen lernen“).

3.3 Vor- und Nachteile der Lernkontrolle mit dem Computer

Wie auch der Computereinsatz zum selbstständigen Lernen Vorteile bietet, aber auch Nachteile in Kauf genommen werden müssen, ist auch die Lernkontrolle mit dem Computer mit Vor- und Nachteilen verbunden.

Der Lernkontrolle mit dem Computer fehlt die soziale Komponente. Studierende fühlen sich beim Arbeiten am Computer nicht beobachtet oder überwacht wie zum Beispiel während eines Seminars und können dadurch unbefangener an die Aufgaben gehen, als wenn diese von Tutoren kontrolliert werden. Dies kommt vor allem Lernenden entgegen, die sich ungern in einer Gruppe äußern. Die fehlende soziale Interaktionsmöglichkeit ist jedoch zugleich ein Nachteil, denn gerade durch den Austausch mit anderen Lernenden wird Wissen schnell gefestigt, falsch gelernte Sachverhalte werden aufgedeckt. Zudem gibt es keine Möglichkeit, freie Texte vom Computer kontrollieren zu lassen. Dadurch können nur schwer Anwendungsfragen zu größeren Sachzusammenhängen gestellt werden. Eine Lösung des Problems liegt in der tutoriellen Begleitung des Lernprogramms; die Texte werden an einen Tutor geschickt, der sie korrigiert. Dieser Nachteil kann jedoch leicht ausgeglichen werden, da das

Lernen und die Lernkontrolle mit dem Computer während des Studiums nur eine Lernform von vielen ist.

Im Gegensatz zu Aufgaben, die in Lehrbüchern gestellt werden, besteht bei der Lernkontrolle mit dem Computer die Möglichkeit, Hilfen anzubieten. Sie können bei Bedarf abgerufen werden und so die Lernenden in die Lage versetzen, die Aufgabe trotz eventuell auftretender Probleme zu lösen. Werden diese Hilfen nicht angeboten, können Aufgaben leicht unlösbar werden. Die dadurch entstehende Frustration führt oftmals dazu, dass gar keine Aufgaben mehr bearbeitet werden. Oft reicht schon das Aufzeigen eines Ansatzpunktes, um den Lernenden die Bearbeitung zu erleichtern bzw. zu ermöglichen. Bei Bedarf kann auch inhaltliche Hilfe zur Verfügung gestellt werden.

Neben den Hilfen ist es außerdem möglich, sofortige Rückmeldungen über die Bearbeitung der Aufgaben einzubinden. Die Lernenden bleiben nicht im Unklaren darüber, ob ihre Antwort richtig oder falsch war. Zudem kann die Rückmeldung über wahrscheinliche Denk- oder Rechenfehler aufklären und den Lernprozess dadurch zusätzlich unterstützen. Es können zudem auf Grund des Ergebnisses einer Lernkontrolle Empfehlungen für das weitere Lernen - zum Beispiel die Wiederholung einer bestimmten Lerneinheit - ausgesprochen werden.

Bei Rechenaufgaben ist es möglich, durch den Einbau von Zufallsgeneratoren immer andere Zahlenwerte für eine Aufgabe zu generieren, wodurch die Lernenden neue Aufgaben gleichen Typs zur Verfügung gestellt bekommen können. Dies kommt vor allem Lernenden entgegen, die besonderen Übungsbedarf haben.

Zusätzlich zu der bereits erwähnten fehlenden direkten sozialen Interaktion mit anderen Studierenden oder einem Tutor sind noch weitere Nachteile anzuführen, welche die Lernkontrolle mit dem Computer mit sich bringt.

Echte Transfer- oder Problemlöseaufgaben, die unter anderem Wertungen oder den Aufbau einer Argumentationskette erfordern, können mit dem Computer nicht ohne tutorielle Unterstützung gestellt werden. Sobald ein Austausch mit anderen Lernenden notwendig ist, um die Aufgabe zu bearbeiten, stößt man schnell an die Grenzen des Computers. Eine

Alternative wäre die Einrichtung eines Diskussionsforums, was allerdings den direkten Austausch zwischen den Personen keinesfalls gleichwertig ersetzen kann. Es bleiben für die Lernkontrolle mit dem Computer die Einbindung von Reproduktions- und Anwendungsaufgaben für eine oder mehrere Lerneinheiten. Das Problemlösen kann nicht automatisiert werden, deshalb wird weiterhin eine menschliche Komponente benötigt.

Lernen ist ein autonomer und individueller Prozess. Diese Individualität erfordert im Grunde eine individuelle Betreuung und Unterstützung bei Lernschwierigkeiten. Die computerunterstützte Lernkontrolle kann jedoch nur Rückmeldungen und Hilfen anbieten, die für eine breite Benutzergruppe konzipiert sind und möglichst vielen Lernenden Unterstützung bieten. Die vielfach hervorgehobene Individualität des Lernens mit dem Computer geht dadurch zu einem nicht unerheblichen Teil verloren.

Die genannten Nachteile sind dann schwer wiegend, wenn es die einzige Form einer Wiederholung und Anwendung des Wissens im Studium darstellt; dies ist jedoch in der Regel nicht der Fall. Wird der Computer als zusätzliches Angebot im Rahmen der universitären Ausbildung eingesetzt, kommen die Vorteile wesentlich stärker zum Tragen, da dann für die Studierenden die Möglichkeit besteht, außerhalb der Seminare oder Praktika zu üben.

3.4 Aufgabenformen und -typen

Nach einer allgemeinen Betrachtung von Frageformen und ihren Umsetzungsmöglichkeiten in einem Computer-Lernprogramm werden allgemeine Aufgabentypen beschrieben. Im Folgenden wird dann erläutert, wie Hilfestellungen und Rückmeldungen in die Aufgaben eingearbeitet werden müssen, um eine sinnvolle Lernkontrolle zu ermöglichen.

3.4.1 Offene und geschlossene Frageformen

Als offene Frageformen werden solche Frage bezeichnet, die von den Lernenden eine freie Antwort fordern. Es werden keinerlei Vorgaben bezüglich Formulierungen oder Umfang der Antwort gemacht⁷⁴. Darunter fallen alle Aufgabentypen, die den Lernenden eine freie Texteingabe ermöglichen. Dies sind zum einen Lückentextaufgaben mit Texteingabefeld, zum anderen Fragen, die eine mehr oder weniger ausführliche, frei formulierte Antwort von den Lernenden verlangen. Die Offenheit wird bei der Lückentextaufgabe jedoch eingeschränkt, da sich die Eingabe von Text auf einzelne Begriffe beschränkt. Ein weiterer Aufgabentyp, der noch zu den offenen Frageformen gezählt wird, ist das Silbenrätsel. Durch die Umschreibung muss zunächst der richtige Begriff gefunden und dann durch die zur Verfügung stehenden Silben zusammengesetzt werden. Durch diese Methode ist zwar keine direkte Texteingabe möglich und somit die Offenheit der Frage weiter eingeschränkt, grenzt sich jedoch deutlich von den geschlossenen Frageformen durch das selbstständige Formulieren der Lösung ab.

Geschlossene Frageformen sind durch eine wesentlich engere Fragestellung gekennzeichnet, die im Gegensatz zu den offenen Frageformen den Lernenden keine Freiräume bezüglich der Antwortgestaltung bietet. Sie fragen nach einzelnen, isolierten Sachverhalten. Zudem sind Antworten weitgehend vorgefertigt und können nur ausgewählt bzw. umgruppiert werden. Typische Beispiele für diese Frageform sind Ja/Nein-Abfragen sowie Multiple Choice und Multiple Select-Aufgaben; auch Drag&Drop-Aufgaben fallen in diese Kategorie.

3.4.2 Automatisierungsmöglichkeiten

Die Möglichkeiten, Aufgaben durch den Computer auswerten zu lassen, sind vor allem im Bereich der offenen Frageform beschränkt. Weit gefasste Fragen, die von den Lernenden eigene Erläuterungen erfordern, können diese vom Computer nicht ausgewertet werden. Der Text kann zwar auf die Verwendung verschiedener Begriffe hin untersucht werden, nicht aber auf den richtigen Kontext. Hier bleibt nur die Möglichkeit, die Texte per E-Mail an

einen Tutor zu schicken, der sie kontrolliert und mit den Verbesserungen zurücksendet. Dadurch können auch Anwendungsfragen zu größeren Sachzusammenhängen gestellt werden. Eine andere Alternative wäre die Angabe einer Musterlösung. Sie bietet sich vor allem bei mathematischen Berechnungen an, da auf diese Weise übliche Notationen noch einmal vor Augen geführt werden können. Doch auch hier kann mit der Musterlösung nicht auf eine zwar richtige, aber ungewöhnliche oder kreative Lösung der Lernenden eingegangen werden. Bei frei formulierten Texten ist das Problem noch schwer wiegender, weil eine Musterlösung sicherlich nicht alle Aspekte berücksichtigen kann, die von den Lernenden eingebracht werden. Gerade bei komplizierteren Sachverhalten kann es für Lernende schwer sein, durch den Vergleich der eigenen mit der Musterlösung zu erkennen, welche Teile von ihnen fehlerhaft dargestellt wurden.

Wenn das computerunterstützte Lernen nicht durch einen Tutor begleitet wird, sollte demnach auf die restlichen Möglichkeiten der offenen Frageformen (Lückentext, Silbenrätsel) zurückgegriffen werden. Doch auch das Auswerten einer Lückentextaufgabe mit Freitexteingabefeldern erfordert einen relativ großen Programmieraufwand. Die Auswertelogik muss berücksichtigen, dass Begriffe falsch geschrieben sein können oder Synonyme von den Lernenden verwendet wurden. Die Rückmeldung muss naheliegende falsche Lösungen und völlig falsche Lösungen unterscheiden und angemessen darauf reagieren können⁷⁵ (siehe 3.6).

Geschlossene Frageformen können wesentlich besser mit dem Computer umgesetzt werden. Die zu programmierende Auswertelogik ist wesentlich einfacher gestaltet, da die Antworten wie bei den Ja/Nein-Abfragen, Multiple Choice- und Multiple Select-Aufgaben nur von den Lernenden ausgewählt und nicht selber formuliert werden müssen. Die fehlende eigene Eingabe führt dazu, dass die Auswertelogik nur die Markierungen der Antwortmöglichkeiten (Distraktoren) auswerten muss und die zusätzliche Kontrolle der Eingabe wegfällt. Die Rückmeldung muss dann nur auf die (teilweise) falsche Auswahl der Antwort eingehen.

Für die Konzeption einer Lernkontrolle wurde davon ausgegangen, dass keine tutorielle Begleitung der Lernenden erfolgt, da dies laut Projektantrag

des Vernetzen Studiums nicht vorgesehen ist. Bei der in Kapitel 6 beschriebenen Konzeption können demnach Aufgaben, welche Kommunikation mit einem Tutor erfordern, nicht berücksichtigt werden; sie beschränkt sich deshalb auf fünf verschiedene Aufgabentypen, die in den folgenden Abschnitten beschrieben werden. Dabei wird auch darauf eingegangen, welche der drei Aspekte der Lernkontrolle (Reproduktion, Anwendung, Transfer) mit ihnen ermöglicht werden.

3.4.3 Multiple Choice-Aufgaben und Ja/Nein-Abfragen

Multiple Choice-Aufgaben, Ja/Nein-Abfragen und Multiple Select-Aufgaben gehören zur gleichen Art von Aufgaben: Aus einer unterschiedlichen Anzahl von angebotenen Distraktoren müssen die Lernenden sich durch Klicken in eine Checkbox oder einen Radio-Button für die richtige(n) Antwort(en) entscheiden. Bei Multiple Choice-Aufgaben ist von den Antwortmöglichkeiten genau eine richtig. Die Markierung der gewünschten Antwort erfolgt durch Klicken in eine so genannte Checkbox, die sich vor jeder Antwort befindet. Bei Checkboxes kann man stets nur eine einzige auswählen; wird eine weitere Checkbox ausgewählt, wird die vorher ausgewählte demarkiert. Die Aufgabe wird durch Klicken auf den „bestätigen“-Knopf ausgewertet. Die weiteren Knöpfe werden im Rahmen der Konzeptbeschreibung in Kapitel 6 erläutert.

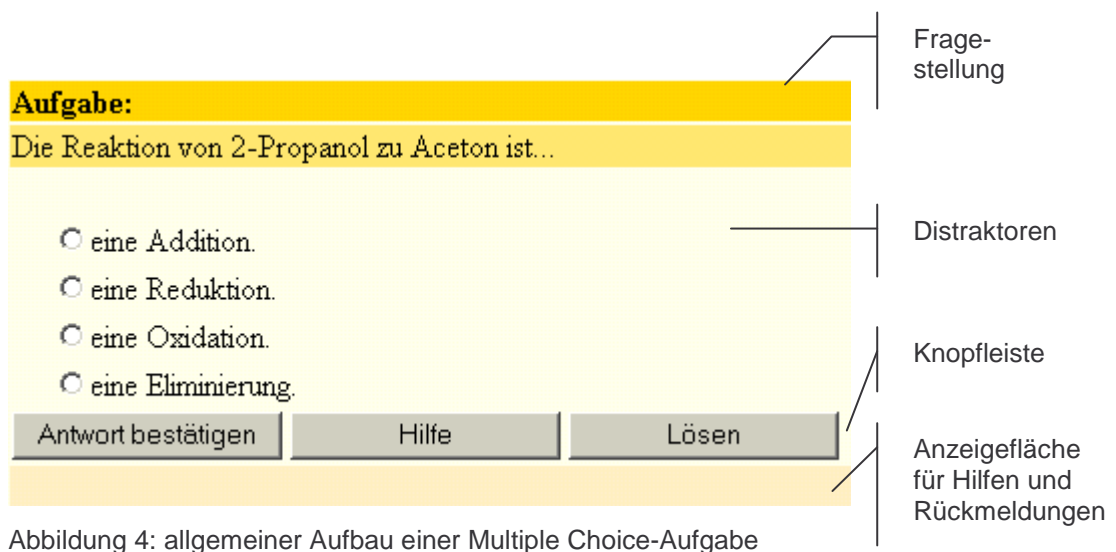


Abbildung 4: allgemeiner Aufbau einer Multiple Choice-Aufgabe

Ja/Nein-Abfragen können als Spezialfall von Multiple Choice-Aufgaben angesehen werden. Der einzige Unterschied zwischen beiden besteht in der Anzahl der Distraktoren: Bei einer Ja/Nein-Abfrage gibt es nur zwei verschiedene Antwortmöglichkeiten.

Ja/Nein-Abfragen sind in der Regel Reproduktionsaufgaben niedrigen Niveaus, da man nur die Richtigkeit einer Aussage beurteilt. Die Wahrscheinlichkeit, durch einfaches Raten die richtige Antwort zu wählen, ist 50 %. Multiple Choice-Aufgaben können durch die Formulierung der Distraktoren unterschiedliche Schwierigkeitsgrade bekommen. Aber es ist auf jeden Fall eine angebotene Antwort richtig, so dass man auch hier durch Raten eine Chance hat, die Aufgabe zufällig richtig zu beantworten. Sie können nicht zur Reproduktion, sondern auch zur Anwendung von Wissen eingesetzt werden. Eine Anwendungsfrage im Multiple Choice-Format ist zum Beispiel in einem Kapitel, dass die S_N1 -Reaktion behandelt, die Frage nach einer Reaktion, die ebenfalls nach diesem Mechanismus anläuft. Als Distraktoren werden zusätzlich zur richtigen Antwort dann Reaktionspartner ausgewählt, die etwa nach dem S_N2 -Mechanismus miteinander reagieren oder Eliminierungen eingehen.

3.4.4 Multiple Select-Aufgaben

Bei dieser weiterführenden Form der Multiple Choice-Aufgaben ist es möglich, dass keine, genau eine, mehrere oder sogar alle Antworten richtig sind. Sie sind schwieriger zu lösen als Multiple Choice-Aufgaben, da die Lernenden zusätzlich entscheiden müssen, ob überhaupt eine Antwort richtig ist bzw. wie viele richtig sind. Das Raten wird somit eingeschränkt.

Auch dieser Aufgabentyp ist für Reproduktions- und Anwendungsaufgaben geeignet und kann durch die Formulierung der Distraktoren unterschiedlich schwer gestaltet werden. Das Haupteinsatzgebiet von Multiple Select-Aufgaben liegt im Bereich der Selektion von Verbindungen oder Begriffen nach einem vorgegebenen Merkmal („Markieren Sie alle Verbindungen, welche...“)

Aufgabe:

Markieren Sie alle chiralen Moleküle!

- ☐ Fluorchlorbrommethan
- ☐ 1,2-Dihydroxypropan
- ☐ Glycin
- ☐ Glucose
- ☐ keine der genannten

Antwort bestätigen Hilfe Lösung anzeigen

Abbildung 5: Multiple Select-Aufgabe

3.4.5 Lückentext-Aufgaben

Bei den bisher beschriebenen Aufgabentypen war es nur möglich, aus gegebenen Antwortmöglichkeiten die richtige(n) Antwort(e)n anzukreuzen und dann die Aufgabe auswerten zu lassen. Bei den Lückentext-Aufgaben können nun Begriffe frei eingegeben werden; somit gehören sie zu den eingeschränkt offenen Frageformen (siehe Kapitel 3.4.1). Die Lücken können in beliebiger Reihenfolge ausgefüllt werden.

Setzen Sie in die Lücken die richtigen Begriffe ein.

Die Addition von Halogenen an eine Doppelbindung hat vielerlei Anwendungen, sowohl im Labor als auch in der Industrie. dient im Labor zum Nachweis von Doppelbindungen in einem Molekül. Die bei Fetten ist ein Maß für die Ungesättigtheit des Fettes. In der Industrie wird aus Ethen in zwei Reaktionsschritten hergestellt, das zu PVC, einem der wichtigsten Kunststoffe, polymerisiert wird. Ein weiterer wichtiger Kunststoff ist , der im Brandschutz eingesetzt wird. Bei der Entfettung von Metallteilen oder auch bei Textilreinigung wird verwendet, das ebenfalls aus Ethan als Grundstoff hergestellt wird.

Antwort bestätigen Hilfe Lösung anzeigen

Abbildung 6: Lückentext-Aufgabe

Eine andere Gestaltungsmöglichkeit bieten Auswahlmenüs (Drop-Down-Menüs). Statt einer freien Texteingabe werden bei Drop-Down-Menüs verschiedene Begriffe angeboten, welche per Mausklick ausgewählt und in den Text eingefügt werden. Es handelt sich also um hintereinandergeschaltete Multiple Choice-Aufgaben, die in einen Text integriert wurden. Lückentext-Aufgaben dieser Art gehören folglich zu den geschlossenen Frageformen. Eine dritte Möglichkeit ist die Gestaltung als Drag&Drop-Aufgabe. Dabei werden verschiedene Begriffe unterhalb des Textes angeordnet, die in die Lücken einsortiert werden müssen. Ein höherer Schwierigkeitsgrad kann durch das Einfügen von nicht einsortierbaren Begriffen generiert werden.

Aufgabe:

Ergänzen Sie richtig:

ist eine Aminosäure und ist eine organische Base in der DNA.

Abbildung 7: Lückentext-Aufgabe mit Drop-Down-Menüs

Wie die Multiple Select-Aufgaben können Lückentexte - je nach Gestaltung des Textes - sowohl zur Reproduktion als auch zur Anwendung des Wissens eingesetzt werden.

3.4.6 Drag&Drop-Aufgaben

Dieser Aufgabentyp umfasst eine große Spannbreite von möglichen Aufgabenformen. Sie lassen sich in die Kategorien räumliche, zeitliche und sachliche Anordnungsaufgaben sowie Zuordnungsaufgaben einteilen⁷⁶.

Jede dieser Aufgabenformen ist in ihrer Gestaltung sehr frei. Allen ist jedoch gemeinsam, dass einzelne Elemente mit der Maus aufgenommen (engl.: to drag = ziehen, zerren) und an anderer Stelle wieder abgelegt werden können (engl.: to drop = fallen lassen). Auf diese Weise können die beweglichen

Elemente in Tabellen sortiert, in eine bestimmte Reihenfolge gebracht, anderen unbeweglichen Elementen zugeordnet oder im Rahmen eines Silbenrätsels zu Begriffen zusammengesetzt werden.

Bei Zuordnungsaufgaben können durch Elemente, die nicht zuzuordnen sind, unterschiedliche Schwierigkeitsgrade umgesetzt werden. Es kann theoretisch auch möglich sein, dass kein Element zugeordnet werden kann. Dann muss die Aufgabenstellung allerdings - im Gegensatz zu den Multiple Select-Aufgaben - als nicht sinnvoll angesehen werden, da es ja der Sinn dieses Aufgabentyps ist, Elemente an- bzw. zuzuordnen.

Ordnen Sie die unten stehenden Vorgänge in die Tabelle.

<i>Chemische Reaktion</i>	<i>Physikalische Umwandlung</i>
1. Wasser zum Kochen bringen	
2. einen Kuchen backen	
3. einen Farbstoff aus einer Lösung extrahieren	
4. Kartoffeln braten	
5. Eiswürfel herstellen	

Antwort bestätigen Hilfe Lösung anzeigen

Abbildung 8: Beispiel einer Zuordnungsaufgabe

3.5 Hilfestellungen

Um eine sinnvolle Lernkontrolle zu ermöglichen müssen die Aufgaben nicht nur ausgewertet werden, sondern die Lernenden brauchen auch Hilfestellungen, um bei Problemen trotzdem in die Lage versetzt zu werden, die Aufgabe zu lösen.

Im Rahmen des computerunterstützten Lernens ist es deutlich schwieriger, gute Hilfestellungen zu geben, als in einer „normalen“ Lernsituation im Rahmen eines Seminars. Bei der sozialen Interaktion mit dem Lernenden

können Hilfen viel flexibler auf den Einzelnen abgestimmt werden. Bei der Erstellung der Aufgabe hingegen muss der Entwickler im Vorfeld Hilfen formulieren, die auf die verschiedenen möglichen Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der Aufgabe abgestimmt sind. Dabei können Hinweise oder auch Anleitungen als Hilfen formuliert werden. Es muss jedoch darauf hingewiesen werden, dass sie auch Grenzen unterworfen sind. Es ist unmöglich, für alle möglichen Probleme bei der Bearbeitung der Aufgabe eine Hilfe anzubieten, sondern es muss sich auf die typischen Fälle beschränkt werden. Als letzte „Hilfe“ können sich die Lernenden die Lösung der Aufgabe anschauen.

Hilfestellungen lassen sich in strategische und inhaltliche Hilfen einteilen. Die folgenden drei Abschnitte erläutern, was man unter diesen Begriffen versteht, und wie sie konkret eingesetzt werden können.

3.5.1 Strategische Hilfen

Als strategisch oder auch prozessbezogen werden Hilfen bezeichnet, die Strategien in Erinnerung rufen bzw. anbieten, welche die Lernenden befähigen, die Aufgabe zu lösen⁷⁷. Sie sind vor allem für Lernende geeignet, die über eine geringe Inhaltsvertrautheit verfügen, da sie noch am Anfang des Lernprozesses stehen und noch nicht über Strategien verfügen, die sie anwenden könnten.

Beispiele für strategische Hilfen:

- Hinweise auf Informationen innerhalb und außerhalb des Programms: „Schauen Sie sich noch einmal die Anwendungen der Halogenaddition an.“; „Schlagen Sie die physikalischen Eigenschaften der Alkene in einem Lehrbuch nach.“
- Verweis auf ähnliche Beispiele: „Rufen Sie sich die Addition von Brom an Cyclopenten in Erinnerung. Wie wurde dort vorgegangen?“
- Ansatzpunkte schaffen: „Wo besitzt das Molekül eine erhöhte Elektronendichte, so dass Brom dort angreifen kann?“; „Gibt es in den Verbindungen Kohlenstoff-Atome, an denen vier verschiedene Substituenten hängen?“

3.5.2 Inhaltliche Hilfen

Inhaltliche Hilfen sind für fortgeschrittenere Lernende geeignet. Sie zielen direkt auf den Inhalt der Aufgabe ab, ohne allgemeine Strategien anzubieten. Die inhaltliche Hilfe kann als Anstoß in die richtige Richtung angesehen werden. Inhaltliche Hilfen können auch so weit gehen, bei komplexeren Aufgaben Teillösungen zu liefern.

Beispiele für inhaltliche Hilfen:

- „Wenden Sie die Nernst'sche Gleichung an.“
- „Es handelt sich bei dieser Reaktion um eine elektrophile Addition.“

Durch die inhaltlichen Hilfen können sich die Lernenden an bereits gelernte Strategien erinnern und dann die Aufgabe lösen. Bei der letztgenannten Hilfe ruft das Stichwort „elektrophile Addition“ bei inhaltsvertrauten Lernenden den Mechanismus dieser Reaktion ab, und es sind in der Regel keine weiteren Hilfen mehr nötig, um die gestellte Aufgabe zu lösen, vorausgesetzt der Mechanismus wird sicher beherrscht.

3.5.3 Verwendung der unterschiedlichen Hilfen

Innerhalb einer Aufgabe sollten die angebotenen Hilfestellungen von eher strategischen zu inhaltlichen Hilfestellungen reichen. Gerade bei Aufgaben, die bei Inhalten des Grundstudiums gestellt werden, sind strategische Hilfen zur Entwicklung von Strategien bei den Lernenden notwendig, und man gibt gleichzeitig bei dieser Art von Hilfestellung nicht zu viel von der Lösung preis⁷⁸. Idealerweise wird zu jeder Aufgabe mindestens eine Hilfe hinterlegt. Für Lernende mit einer größeren Inhaltsvertrautheit ist es vorteilhafter, inhaltsorientierte Hilfe zur Verfügung zu stellen.

Hilfen sollten grundsätzlich eingebunden werden. Dabei ist darauf zu achten, dass diese abgestuft sind. Die erste abrufbare Hilfe sollte nur einen kleinen Hinweis geben, damit die Eigenleistung der Lernenden immer noch hoch ist⁷⁹. Im weiteren Verlauf sollten zunächst konkretere strategische, dann inhaltliche Hilfen angeboten werden. Auf diese Weise wird man den unterschiedlichen Lerngruppen gerecht.

Ein konkretes Beispiel soll die Abfolge der Hilfen verdeutlichen:

Markieren Sie alle Begriffe, die im Zusammenhang mit der großtechnischen Produktion von Citronensäure stehen.

- ☐ Scheele
- ☐ Melasse
- ☐ n-Alkane
- ☐ Aspergillus niger
- ☐ keine der genannten

Antwort bestätigen Hilfe Lösung anzeigen

Abbildung 9: Multiple Select-Aufgabe zur Citronensäure-Gewinnung

Folgende Hilfen sind zur Lösung dieser Aufgabe denkbar:

1. Lesen Sie noch einmal den Abschnitt über das Oberflächenverfahren.
2. Zwei der vier Begriffe stehen im Zusammenhang zur großtechnischen Citronensäure-Herstellung.
3. Zur großtechnischen Herstellung von Citronensäure wird eine zuckerhaltige Lösung eingesetzt.
4. Durch einen der Begriffe wird der Zucker in der Lösung zu Citronensäure umgesetzt.

Die ersten beiden Hilfen sind strategischer Art und sollen allgemeine Hinweise geben. Die letzten beiden Hilfen gehen direkt auf die Aufgabe ein, sind also inhaltlicher Art. Die Anordnung der Hilfen entspricht einer Steigerung; die allgemeinere Hilfe steht am Anfang, die konkreten Hilfen werden erst am Ende angezeigt. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass die Lernenden trotz Inanspruchnahme einer Hilfe zunächst immer noch eine relativ große Eigenleistung erbringen und erst bei weiteren Hilfen auf die konkrete Lösung hingewiesen werden. Die Hilfen können alle nacheinander in der vom Entwickler vorgegebenen Reihenfolge abgerufen werden. Eine erneute Bearbeitung der Aufgabe nach Anzeige der ersten Hilfe wird nicht erzwungen.

3.6 Rückmeldungen

Bei einer sinnvoll gestalteten Lernkontrolle ist die Rückmeldung wohl die wichtigste Komponente. Gerade bei einer (teilweise) falschen Antwort der Lernenden ist ihre Einbindung besonders wichtig, da sie den Lernprozess steuern und somit verhindern kann, dass die neuen Inhalte falsch behalten werden. Bei der Funktion sowie der Gestaltung der Rückmeldung gibt es verschiedene Prinzipien, die nun im Einzelnen erläutert werden sollen.

Bei einer richtigen Antwort hat die Rückmeldung die Funktion eines positiven Verstärkers. Die Lernenden sollen dabei in ihrem Lernprozess bestärkt und motiviert werden, weitere Aufgaben zu bearbeiten. Die neuen Inhalte werden zudem durch die positive Verstärkung besser verankert, was deren Behalten fördert und einem zu schnellen Vergessen entgegen wirkt⁸⁰.

Bei teilweise oder ganz falschen Antworten ist die Aufgabe einer Rückmeldung vielschichtiger. Zunächst müssen die Lernenden wissen, welche Teile der Antwort richtig und falsch sind. Die falschen Antworten müssen eindeutig als solche markiert werden. Bleibt die Rückmeldung auf dieser Stufe stehen, so spricht man von einer globalen Rückmeldung. Die Lernenden wissen dann zwar, dass sie etwas falsch gemacht haben, werden aber - wenn die Markierung der falschen Antworten ausbleibt - nicht darüber informiert, welche Teile der Antwort falsch sind. Des Weiteren werden sie über den Grund, warum die Antwortteile falsch sind, im Unklaren gelassen. Eine sinnvolle Rückmeldung, die den Lernprozess vorantreiben soll, muss deshalb zusätzlich zur globalen Rückmeldung noch konkrete Hinweise beinhalten, welche die Lernenden in ihrem Lernprozess voranbringen. Dies kann auf unterschiedliche Weise geschehen. Rückmeldungen können sowohl konkrete Hinweise auf die Lösung geben (inhaltliche Hilfe) oder auch Hilfen anbieten, die dazu befähigen sollen, die richtige Lösung selbstständig zu finden (strategische Hilfe). Es finden in diesem Fall die Prinzipien der Gestaltung von Hilfestellungen Anwendung, die im vorigen Abschnitt erläutert worden sind. Eine wichtige Funktion einer Rückmeldung ist die Angabe einer Begründung, die kurz erklärt, warum eine Antwort falsch ist. Dies kann gleichzeitig eine Hilfe sein, die richtige Lösung zu finden. Zudem kann auf

mögliche Denkfehler hingewiesen werden. Auf diese Weise kann eine Rückmeldung steuernd in den Lernprozess eingreifen und verhindern, dass der zu lernende Sachverhalt möglicherweise falsch behalten wird.

Eine Rückmeldung kann ebenso Empfehlungen für das weitere Lernen aussprechen. Dies kann aufgrund der Auswertung eines Blockes mit verschiedenen Aufgaben zu einer Lerneinheit oder nach der Wiederholung von mehreren Lerneinheiten geschehen. Diese Rückmeldung sollte besonders betonen, welche Inhalte offenbar schon gut verstanden worden sind, um die Lernenden in ihrem Lernprozess zu bestärken. Zugleich sollten erkennbare Schwächen aufgezeigt sowie Möglichkeiten aufgeführt werden, wie diese behoben werden können.

4 Beispiele von Lernkontrollkonzepten

Im Folgenden werden zwei verschiedene HTML-basierte Konzepte für die Lernkontrolle vorgestellt. Sie stellen eine kommerzielle und eine frei erhältliche Lösung dar, mit denen man eigene Aufgaben generieren kann. Beide Beispiele haben gemeinsam, dass sie - wie das Vernetzte Studium - auf der Grundlage von HTML arbeiten. Es stehen den bereits existierenden Konzepten also die gleichen technischen Möglichkeiten zur Verfügung, womit sie für das Vernetzte Studium prinzipiell verwendbar wären. Durch Analyse dieser Konzepte sollen „Schwachstellen“ aufgezeigt und beurteilt werden, ob diese Konzepte sinnvolles Lernen ermöglichen können und somit für einen Einsatz im Vernetzten Studium geeignet sind.

4.1 Übungsaufgaben mit Dreamweaver UltraDev

Das Programm „Dreamweaver[®] UltraDev[™]“ ist ein kommerzielles Produkt der Firma Macromedia[®]. Es gehört in die so genannte Klasse der „What you see is what you get“-Programme zur Erstellung von HTML-Seiten. Textelemente (einfache Texte, Tabellen) werden wie bei einer Textverarbeitungssoftware geschrieben und formatiert, und gleichzeitig entsteht in einem zweiten Teilbereich des Fensters der HTML-Quellcode. Bilder, Tabellen, Links und interaktive oder grafische Elemente können über eine Werkzeugleiste auch für den ungeübten Benutzer bequem und ohne Programmierkenntnisse eingebunden werden.

Auf der Homepage von Macromedia^{®81} werden verschiedene kostenlose Erweiterungen des Programms zur Verfügung gestellt, unter anderem auch eine Erweiterung zur Generierung von Aufgaben. Es handelt sich dabei um verschiedene Vorlagen, die vom Entwickler menügesteuert ausgefüllt und graphisch gestaltet werden können; auch hier sind keine Programmierkenntnisse erforderlich. Am Ende der Generierung erhält man

eine HTML-Seite, die eine einzelne Aufgabe enthält. Sie kann dann nach eigenen Vorstellungen farblich gestaltet werden.

Auf diese Weise lassen sich mit der Software Ja/Nein-Abfragen, Multiple Choice- und Multiple Select-Aufgaben sowie einfache Drag&Drop-Aufgaben und Aufgaben mit Texteingabe realisieren. Abbildung 10 zeigt eine Multiple Choice-Aufgabe, wie sie bei der Verwendung von Dreamweaver[®] generiert wird.

Die Reaktion von 2-Propanol zu Aceton ist eine...

- ☐ Addition
- ☐ Eliminierung
- ☐ Oxidation
- ☐ Reduktion

Abbildung 10: Multiple Choice-Aufgabe mit Dreamweaver[®]

Die Lernenden haben nur sehr eingeschränkte Möglichkeiten der interaktiven Aufgabenbearbeitung. Neben dem Abschicken der Lösung kann die Bearbeitung der Aufgabe durch den „Reset“-Knopf abgebrochen werden. Die Einbindung von direkt zugänglichen Hilfen oder einer Lösungsanzeige ist nicht vorgesehen. Die einzige Möglichkeit, Hilfen oder die Lösung für die Lernenden zugänglich zu machen, ist die Rückmeldung nach dem Abschicken der Aufgabe. Doch auch hier ist die Hinterlegung von mehreren Hilfen nicht möglich. Entscheidet man sich statt dessen, bei der Rückmeldung anstelle einer Hilfe die richtige Lösung anzuzeigen, so nimmt man den Lernenden die Möglichkeit der Korrektur. Auf keinen Fall können die Lernenden eine individuelle Rückmeldung über ihre Lösung bekommen, da eine kontextabhängige Anzeige ebenfalls nicht implementiert worden ist. Da es nur eine einzige Rückmeldung zu der Aufgabe gibt, bleibt nur die Hinterlegung der richtigen Lösung, da diese unter keinen Umständen wegfallen darf.

Insgesamt ist die Aufgabengestaltung mit Dreamweaver® unausgereift. Sie bietet zu wenige Interaktionsmöglichkeiten, und die Lernenden können dadurch nicht sinnvoll in ihrem Lernprozess unterstützt werden.

4.2 Übungsaufgaben mit dem EF-Editor

Der Exercise Format (EF)-Editor wurde am Lehrstuhl für Psychologie des Lehrens und Lernens (Prof. Dr. Körndle) an der TU Dresden⁸² von Rüdiger Krauß entwickelt. Auf Anfrage ist dieses Programm sowohl Angehörigen anderer Universitäten als auch Entwicklern von Lernprogrammen zugänglich. Voraussetzung ist dabei, dass der EF-Editor nicht für die Generierung von Aufgaben für ein kommerzielles Produkt verwendet wird. Der EF-Editor ist im Prinzip eine Eingabemaske, das bei der Abspeicherung der selbst entwickelten ef-Datei als HTML-Datei die Eingaben in eine HTML-Vorlage überträgt. Auch hier ist keine Programmierkenntnis erforderlich, man muss sich jedoch in die verwendeten Abkürzungen im EF-Editor einarbeiten. Eine mit dem EF-Editor generierte Aufgabe zeigt Abbildung 11.

The screenshot shows a web-based multiple-choice question interface. At the top, a teal header bar contains the question text: "Welche der folgenden Stoffe sind Nichtleiter?". Below this, on a yellow background, are four list items, each with an unchecked checkbox: "Eisen", "Plastik", "Kupfer", and "Keramik". To the right of these items are three stacked buttons: "Hinweis", "Lösung", and "Abbrechen". At the bottom left of the yellow area is a button labeled "Antwort bestätigen". The entire interface is set against a light gray background.

Abbildung 11: Eine Multiple Select-Aufgabe aus dem EF-Editor

Der EF-Editor beinhaltet bereits viele wünschenswerte Funktionalitäten. Es können mehrere Hilfen hinterlegt sowie eine Begründung für die richtige Lösung eingebunden werden. Hilfen und Begründung werden im unteren

grauen Feld angezeigt. Es besteht zudem die Möglichkeit, die Bearbeitung der Aufgaben abubrechen; im Browser wird dann die vorherige Seite angezeigt.

Verschiedene Komponenten, die als wichtig angesehen werden, sind mit dem EF-Editor jedoch nicht zu implementieren. Die Rückmeldung beschränkt sich auf einen einzigen Begründungstext, genauere Rückmeldungen wie unter 3.6 beschrieben können leider nicht umgesetzt werden. Wird der „Antwort bestätigen“-Knopf betätigt, wird zunächst eine globale Rückmeldung angezeigt, die bei einer falschen Antwort eher unfreundlich gestaltet ist: „Falsch! Schaun (*sic*) sie sich mal die Begründung an.“ Bei einer teilweise falschen Antwort wird der Prozentsatz der richtigen Antworten angezeigt und mit der Aufforderung verbunden, sich die Begründung anzuschauen. Diese Rückmeldung kann nur von Entwicklern geändert werden, die mit der Programmiersprache Javascript vertraut sind. Der auf Knopfdruck erscheinende Begründungstext entspricht der Erklärung für die richtige Lösung. Bei einer richtigen Antwort wird dieser sofort angezeigt. Aber bei (teilweise) falschen Antworten werden demnach keine Hinweise auf mögliche Denkfehler oder weitere Hilfen angezeigt, welche die Lernenden in die Lage versetzen, die richtige Lösung doch noch zu finden. Damit verbunden ist das zweite große Defizit, nämlich die fehlende Korrekturmöglichkeit. Nach der Bearbeitung der Aufgabe bekommen die Lernenden nur die Rückmeldung. Ein nachträglicher Abbruch der Aufgabe ermöglicht nur, die Aufgabe noch einmal zu bearbeiten. Am Ende wissen die Lernenden zwar, dass sie etwas falsch gemacht haben und wie die richtige Lösung aussieht, aber sie bekommen keinerlei Rückmeldung oder spezielle Erläuterung zu der Art ihren Fehlers. Bei Lückentextaufgaben kommt noch erschwerend hinzu, dass bei Einblendung der Lösung die Antwort der Lernenden überschrieben wird, was einen Vergleich unmöglich macht.

Die Funktionalitäten des EF-Editors sind somit für ein sinnvolles Angebot zur Lernkontrolle ebenfalls unzureichend, auch wenn schon einige der geforderten Funktionen implementiert wurden.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass weder die Aufgabenkonzeption des Dreamweavers[®] noch des EF-Editors geeignet sind, Lernprozesse sinnvoll zu unterstützen. Für das Vernetzte Studium wird deshalb ein vollständig neues, von den bisher existierenden Konzepten unabhängiges Konzept entwickelt, das in Kapitel 6 dargestellt werden wird.

5 Das Projekt „Vernetztes Studium – Chemie“

Das „Vernetzte Studium – Chemie“ (im Folgenden „Vernetztes Studium“ genannt) ist eines von fünf Leitprojekten des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zum Thema „Nutzung des weltweit verfügbaren Wissens für die Aus- und Weiterbildung und für Innovationsprozesse“. Das Vernetzte Studium besteht seit 1999 und ist auf eine Laufzeit von fünf Jahren ausgelegt.

Die Zielgruppen des Projektes variieren stark; so sollen Wissensmodule nicht nur für die Haupt- und Nebenfachstudierenden sowie Postgraduierte, sondern auch für die innerbetriebliche Aus- und Weiterbildung entwickelt werden⁸³. Zusätzlich ist geplant, geeignete Wissensmodule für die Schüler der Sekundarstufe II (Gymnasium, Gesamtschule, Berufsbildende Schulen, Schulen des Zweiten Bildungsweges) umzuarbeiten, um sie auf die Bedürfnisse des schulischen Unterrichts anzupassen.

Die konzeptionelle Gestaltung der Lernumgebung sowie die Möglichkeit der Adaption macht das Vernetzte Studium zu einem tutoriellen Programm. Die Lernwege können sowohl von Dozentinnen und Dozenten zusammengestellt werden, um zum Beispiel auf diese Weise relevanten Prüfungsstoff oder Begleitmaterial für die Vorlesung zur Verfügung zu stellen. Auf der anderen Seite können Studierende eigene Lernwege kreieren. Die konzeptionelle Gestaltung der Lerneinheiten orientiert sich jedoch stark an der Fachsystematik, welche die im Projektantrag beschriebene Umsetzung eines problemorientierten Lernens leider vermissen lässt.

5.1 Ziele des Vernetzten Studiums

Zentrales Ziel des Projektes ist es, interaktive und multimediale Wissensmodule für die verschiedenen Zielgruppen in einer eigenen Benutzeroberfläche zu präsentieren⁸⁴. Bei der Auswahl der Inhalte wird

besonderen Wert darauf gelegt, kein Wissen auf Vorrat zu produzieren, sondern in Anlehnung an das Reformmodell des Chemiestudiums (Würzburger Modell) der GDCh⁸⁵ entdeckendes und problemorientiertes Lernen zu ermöglichen und zu fördern. Die Studierenden können sich individuelle Lernpfade zusammenstellen und sich damit das vielfältige Angebot an Inhalten auf ihre persönlichen Bedürfnisse wie zum Beispiel

- Prüfungsvorbereitung
- Wiederholung der Vorlesung
- Praktikumsvorbereitung

zuschneiden. Die Individualisierbarkeit der Lernpfade erfordert eine enge Verknüpfung der verschiedenen Teildisziplinen der Chemie sowie Lehrinhalte der Nachbardisziplinen (Pharmazie, Medizin, Biologie). Den Studierenden müssen Hinweise gegeben werden, welche weiteren Inhalte für sie wichtig sind, wenn sie einen bestimmten Inhalt für ihren Lernpfad auswählen. Dies soll durch die angestrebte horizontale und vertikale Vernetzung der Inhalte (siehe Kapitel 5.5) erreicht werden.

Um der Heterogenität der Zielgruppen gerecht zu werden, sind so genannte Brückenkurse in das Vernetzte Studium integriert, die sich als Schnupperstudium für Abiturienten sowie für eine allgemeine Chemiebildung für fachfremde Berufsgruppen (Juristen, Geisteswissenschaftler) oder der Chemieausbildung in Berufsschulen eignen.

Zusätzlich zu den Wissensmodulen werden Werkzeuge wie ein Moleküleditor, ein Periodensystem und eine Moleküldatenbank sowie geeignete Seiten aus dem World Wide Web das Angebot abrunden, um die aktuellen Entwicklungen in der Chemie einzubinden.

5.2 Aufbau des Vernetzten Studiums

Das Fachinformationszentrum (FIZ) Chemie in Berlin hat die Projektleitung und koordiniert die gesamten Aktivitäten innerhalb des Projekts. Es stellt zudem die technische Basis wie zum Beispiel die Benutzeroberfläche zur

Verfügung. Die Fachkoordinatoren vertreten ihr Teilgebiet (anorganische Chemie, organische Chemie...) beim FIZ Chemie und sind für die Ausgestaltung und Umsetzung der verschiedenen Aufgaben zuständig. Eine Übersicht der Teilgebiete sowie der beteiligten Professoren zeigt die folgende Tabelle. Die Koordinatoren des Faches stehen an erster Stelle.

Teilgebiet	verantwortliche Gruppe(n)
Anorganische Chemie	Prof. Steinborn (Halle), Prof. Reiningner, Prof. Schubert (beide Paderborn)
Analytische Chemie	Prof. Salzer (Dresden)
Biochemie, Biotechnologie, Molekularbiologie, Toxikologie	Prof. Maelicke (Mainz), Prof. Kröger (Gießen)
Organische Chemie	Prof. Fels (Paderborn), Prof. Herges (Kiel)
Physikalische Chemie	Prof. Ziessow (Berlin), Prof. Gauglitz (Tübingen)
Technische Chemie, Makromolekulare Chemie	Prof. Nuyken (München), Prof. Rösner (Oldenburg), Prof. Papp (Leipzig)
Theoretische Chemie	Prof. Ziessow (Berlin), Priv.-Doz. Dr. Bögel (Halle)
Chemie-Information	Prof. Gasteiger, Hr. Zass (Zürich)
Chemie für Mediziner	Prof. Gasteiger
Mathematik für Chemiker	Prof. Ziessow
Physik für Chemiker	Prof. Heuer (Würzburg)
Chemie im Nebenfach, FH, Schule	Prof. Schubert

Tabelle 4: Projektleiter des Vernetzten Studiums - Chemie

Die Arbeit der einzelnen Projektgruppen gliedert sich in weitere Teilprojekte. Dies sind zum einen die Erstellung der Wissensmodule ihres Teilgebietes, zum anderen fächerübergreifende Projekte, welche die geplante Vernetzung der Inhalte exemplarisch zeigen sollen. Bisher existieren die

fächerübergreifenden Projekte Vitamin A, Dioxin, Molekulares Modellieren und die Themenreise Wirkstoffe; weitere befinden sich noch in der Entwicklung.

Für die Ausarbeitung von Projektstandards technischer, konzeptioneller und graphischer Art wurden spezielle Arbeitsgruppen ins Leben gerufen, die zeitlich begrenzt oder auf Abruf besondere Aufgaben übernehmen und dem FIZ in regelmäßigen Abständen über ihre Arbeit berichten. Zurzeit existieren unter anderem Gruppen zu den Themen Multimedia, Evaluation, Lernumgebung, Strukturstandards, Video und Symbole.

5.3 Technische Vorgaben

Das Vernetzte Studium soll ein einheitliches Aussehen bekommen, auch wenn sechzehn verschiedene Arbeitsgruppen daran arbeiten und Vereinheitlichungen durch die große Anzahl an Autoren erschwert werden. Daher ist die Erstellung der Inhalte mit genauen technischen Vorgaben verknüpft. Die einheitliche Formatierung der verschiedenen Elemente - zum Beispiel Hinweise, Erklärungen, Definitionen, Überschriften, Formeln - wird durch die Verwendung eines Stylesheets erreicht. Ein Stylesheet liest für ihn hinterlegte Markierungen im HTML-Texte aus und versieht die markierten Textabschnitte dann mit den Formatierungen, die für die jeweiligen Textelemente definiert sind.

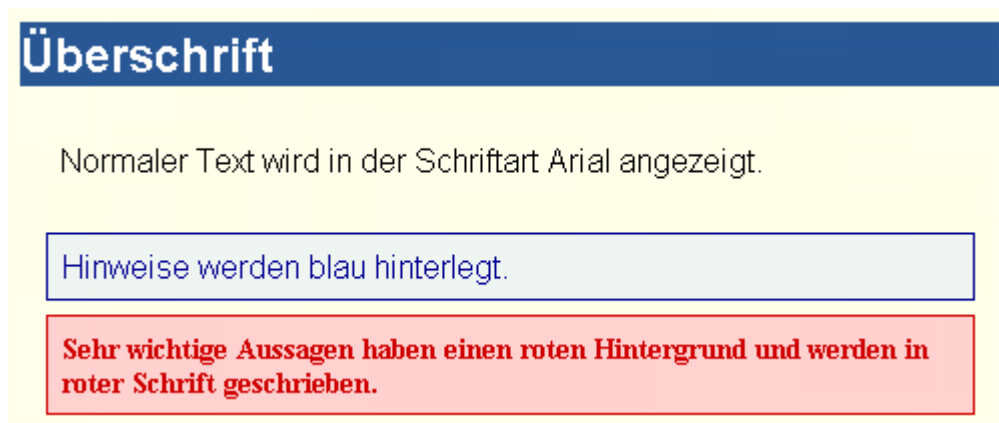


Abbildung 12: Beispiele von Textformatierungen

Die Seiteneinrichtung wird sowohl von der Standard-Auflösung (1024 x 768 Pixel) als auch vom Platzbedarf der Benutzeroberfläche bestimmt. Durch diese einschränkenden Parameter steht dem Entwickler eine absolute Breite von 750 Pixeln zur Verfügung. Dies bedeutet, dass man große Bilder oder räumliche Darstellungen auf diese Breite zuschneiden und gegebenenfalls umgestalten muss. Bilder, die neben einem Text stehen sollen, dürfen aus gestalterischen Gründen nicht mehr als 450 Pixel breit sein. Bei einer gesamten Breite von 750 Pixeln wird der Text sonst so schmal, dass man ihn nicht mehr gut lesen kann.

Es musste ebenfalls eine Festlegung der zugelassenen Dateiformate getroffen werden, damit die Benutzeroberfläche auch in zukünftigen Versionen die Inhalte korrekt anzeigt. Dies bedeutet nicht, dass man auf Darstellungsmöglichkeiten verzichtet, vielmehr wurde vor deren Festlegung der Bedarf an Dateiformaten ermittelt. Die zugelassenen Dateiformate sind in Tabelle 5 zusammen gefasst:

Darstellungsform	Dateiformat
Zweidimensionale Abbildung	.gif, .jpeg
Räumliche Darstellung	.mol, .pdb, .vrml, .xyz
Animationen, Simulationen	Shockwave, Flash, Java-Applet
Filme	Quicktime, Real

Tabelle 5: Beispiele für zugelassene Dateiformate im Vernetzten Studium

Die einzelnen Elemente der HTML-Seiten sowie die Seiten selber werden in einer Datenbank abgelegt und bei Abruf aus der Datenbank durch die Benutzeroberfläche dynamisch erzeugt. Auf diese Weise sind dieselben Bilder, Animationen etc. auf mehreren HTML-Seiten benutzbar, was die Entwicklung der Module erheblich erleichtert, da die vielfache Erstellung dieser Elemente in verschiedenen Projektgruppen vermieden wird. So lassen sich auch ganze HTML-Seiten, die in einer anderen Gruppe geschrieben wurden, in die eigenen Module einarbeiten.

5.4 Lerneinheiten

Mit der Entwicklung von Wissensmodulen ist noch nicht gewährleistet, dass man mit dem Material auch wirklich lernen kann, da die Einheit „Modul“ zu groß gefasst ist. Deshalb wurde von der Gruppe von Prof. Alty von der University of Loughborough ein Konzept zur Einteilung der Inhalte des Vernetzten Studiums in überschaubare Lerneinheiten vorgestellt: Das Valid-Learning-Unit-(VLU)-Konzept⁸⁶. Das Konzept beschreibt allgemeine Grundsätze des Aufbaus einer Lerneinheit beim computerunterstützten Lernen, die im Vernetzten Studium verfolgt werden sollen.

Zu Beginn jeder Lerneinheit werden Lernziele angegeben. Sie sollen den Lernenden eine Orientierung über die Inhalte der Lerneinheit vermitteln. Sie ermöglichen zudem, die Bedeutung der Lerneinheit für das weitere Lernen zu beurteilen und ermöglichen effektives Arbeiten mit dem Programm⁸⁷. Die dann folgende Seite soll einen konkreteren Überblick über die gesamte Lerneinheit bilden. Es schließen sich die Seiten mit den neuen Inhalten an, welche abschließend auf der letzten Seite der Lerneinheit zusammengefasst werden.

Die einzelnen HTML-Seiten sind nicht starr in einer einzigen Lerneinheit eingebunden, sondern es soll auch möglich sein, die Seiten in verschiedenen Lerneinheiten einzusetzen. Auf diese Weise ist es zum Beispiel möglich, HTML-Seiten mit Aufgaben sowohl am Ende einer Lerneinheit anzubieten oder aber sie zu einer eigenen Einheit zusammenzufassen. Genauso könnten zum Beispiel die Nomenklaturregeln der Stoffklassen sowohl als eigene Lerneinheit aufgebaut als auch bei der entsprechenden Stoffklasse vermittelt werden. Bei der Zusammenstellung der Seiten für eine Lerneinheit ist jedoch darauf zu achten, dass die Bearbeitung einer Lerneinheit im Schnitt nicht länger als 30 - 45 Minuten in Anspruch nimmt. Ist ein Thema zu umfangreich, muss es in zwei oder mehr Lerneinheiten geteilt und als kleiner Lernweg angeboten werden. Dieses Verfahren ermöglicht den Lernenden, nach in sich geschlossenen Abschnitten den Lernweg zu unterbrechen und zu wiederholen.

5.5 Vernetzung der Inhalte

Die horizontale und vertikale Vernetzung der Inhalte ist ein Ziel des Vernetzten Studiums, das zuvor in keinem anderen Projekt in Deutschland, das sich mit chemischen Inhalten beschäftigt, in Angriff genommen wurde. Ziel dieser Vernetzung ist die enge Verknüpfung der Teilgebiete der Chemie. Die technische Vernetzung der Inhalte erfolgt über die Auswertung so genannter Metadaten, die zu jeder einzelnen Datei separat in zwei weiteren Dateien abgespeichert werden. Sie enthalten durch die Hinterlegung von Voraussetzungen und Empfehlungen die inhaltliche Vernetzung.

Die inhaltliche, also für die Lernenden sichtbare Vernetzung erfolgt durch die Auswertung der Metadaten durch die Benutzeroberfläche. Zu jeder Lerneinheit bekommen die Studierenden in einem Menü, das zu jeder Zeit über die Benutzeroberfläche aufgerufen werden kann, Empfehlungen angeboten, die noch zusätzliche, für das Verständnis der Lerneinheit eventuell nützliche Informationen bereit stellen. Ferner können die nötigen Voraussetzungen zu der Lerneinheit angezeigt werden, damit die Lernenden beurteilen können, ob sie in der Lage sind, diese angemessen zu bearbeiten oder vorher noch andere Lerneinheiten durcharbeiten sollten. Diese horizontale Vernetzung soll also für die Lernenden einen möglichst breiten Kontext der Lerneinheit, in der sie sich gerade befinden, vermitteln.

Die vertikale Vernetzung verknüpft die Lerneinheiten zu Lernwegen, bei denen die Lerneinheiten aufeinander aufbauen. Dabei können die einzelnen Lerneinheiten in unterschiedlichen Lernwegen angeboten werden. So kann zum Beispiel in der organischen Chemie die Lerneinheit „Addition von Halogenen an Doppelbindungen“ bei den Stoffklassen unter dem Kapitel „Alkene“ oder bei den Reaktionsmechanismen unter den elektrophilen Additionen behandelt werden. Doch die Lernwege sind nicht durch das Vernetzte Studium festgeschrieben, sondern sind sowohl von den Lernenden als auch von den Lehrenden adaptierbar. Sie können also auf die individuellen Bedürfnisse der Benutzerinnen und Benutzer angepasst oder neu generiert werden. Lernende können je nach momentaner Situation - zum Beispiel Prüfungsvorbereitung, Vorlesungsvor- oder -nachbereitung oder

autonomes bzw. interessenorientiertes Lernen - selbst Lernwege zusammenstellen. Lehrenden ist es möglich, begleitend zu ihrer Vorlesung ein begleitendes Online-Skript zu ihrer Vorlesung oder ihrem Seminar/Praktikum im Universitätsnetz anzubieten.

6 Lernkontrollkonzept für das Vernetzte Studium

Die in Kapitel 4 vorgestellten Konzepte für die Lernkontrolle weisen zum Teil große Schwächen auf. Für das Vernetzte Studium wurde deshalb ein von Grund auf neues Konzept entwickelt, das unabhängig von den bestehenden Konzepten ist.

In diesem Kapitel sollen die grundlegenden Aufgabentypen, die im Vernetzten Studium Anwendung finden sollen, in ihrem Aufbau und ihrer Funktionalität unter Bezugnahme der theoretischen Grundlagen aus Kapitel 3 beschrieben werden. Zusätzlich sind, falls erforderlich, die technischen und personellen Strukturen des Projektes berücksichtigt worden.

Innerhalb einer Lerneinheit sollten Aufgaben prinzipiell flexibel integrierbar sein. Die Entwickler einer Lerneinheit müssen Aufgaben sowohl am Anfang, während und am Ende einer Lerneinheit platzieren können. Dort erfüllen sie die verschiedenen Aufgaben, die bereits in Kapitel 3 näher erläutert wurden.

Die graphische Gestaltung der Aufgaben richtet sich nach dem graphischen Design der Inhaltsseiten des Vernetzten Studiums. Um sie als Aufgaben optisch hervorzuheben werden die Fragetexte bzw. Arbeitsanweisungen gelb unterlegt und nicht blau wie Überschriften.

Die Buttonleiste wird unter der Aufgabe platziert und entspricht der beim Web-Design mittlerweile üblichen Gestaltung. Sie spiegelt außerdem die logische Reihenfolge Aufgabenstellung lesen - Aufgabe bearbeiten - Aufgabe auswerten lassen - wider.

Bei den Aufgabentypen Ja/Nein-Abfrage, Multiple Choice und Multiple Select bleibt rechts neben den Distraktoren zunächst ein freier Platz übrig. An dieser Stellen wird nach der Auswertung der Aufgabe die Rückmeldung angezeigt. Bei den Lückentextaufgaben wird die Rückmeldung in die Eingabefelder integriert. Die Gestaltung der Rückmeldung bei der Drag&Drop-Aufgabe gestaltet sich je nach Form der Aufgabe unterschiedlich und wird bei der Beschreibung dieses Aufgabentyps behandelt.

Die Anzeige der Hilfestellungen ist bei allen behandelten Aufgabentypen unterhalb der Knopfleiste angeordnet und dunkler unterlegt als die Aufgabe,

um sie optisch hervorzuheben. Die Funktion der Hilfestellungen sowie die Anwendung von strategischen und inhaltlichen Hilfestellungen in Abhängigkeit von der Semesterzahl wurde bereits im Kapitel 3 behandelt. Die Gestaltung und Anzahl der eingebundenen Hilfen liegt dabei in der Verantwortung der Entwickler.

Bei allen Aufgabentypen geben die Lernenden die Lösung der Aufgabe bewusst zur Auswertung frei, indem sie auf den „bestätigen“-Knopf klicken. Sie können also jederzeit ihre Entscheidung überdenken und eine andere Antwort markieren. Diese Vorgehensweise trägt den Prinzipien des selbstgesteuerten Lernens und der Kontrolle des Benutzers über das System Rechnung. Bei jedem Aufgabentyp besteht zudem die Möglichkeit, sich auch nach der Auswertung der Aufgabe zu verbessern und die Aufgabe erneut auswerten zu lassen. Wird kein Distraktor markiert und die Aufgabe zur Auswertung abgeschickt, so werden sie mit dem Hinweis „Sie haben noch keine Auswahl getroffen.“ darauf aufmerksam gemacht.

Das folgende Schema zeigt den allgemeinen Ablauf einer Aufgaben-Bearbeitung:

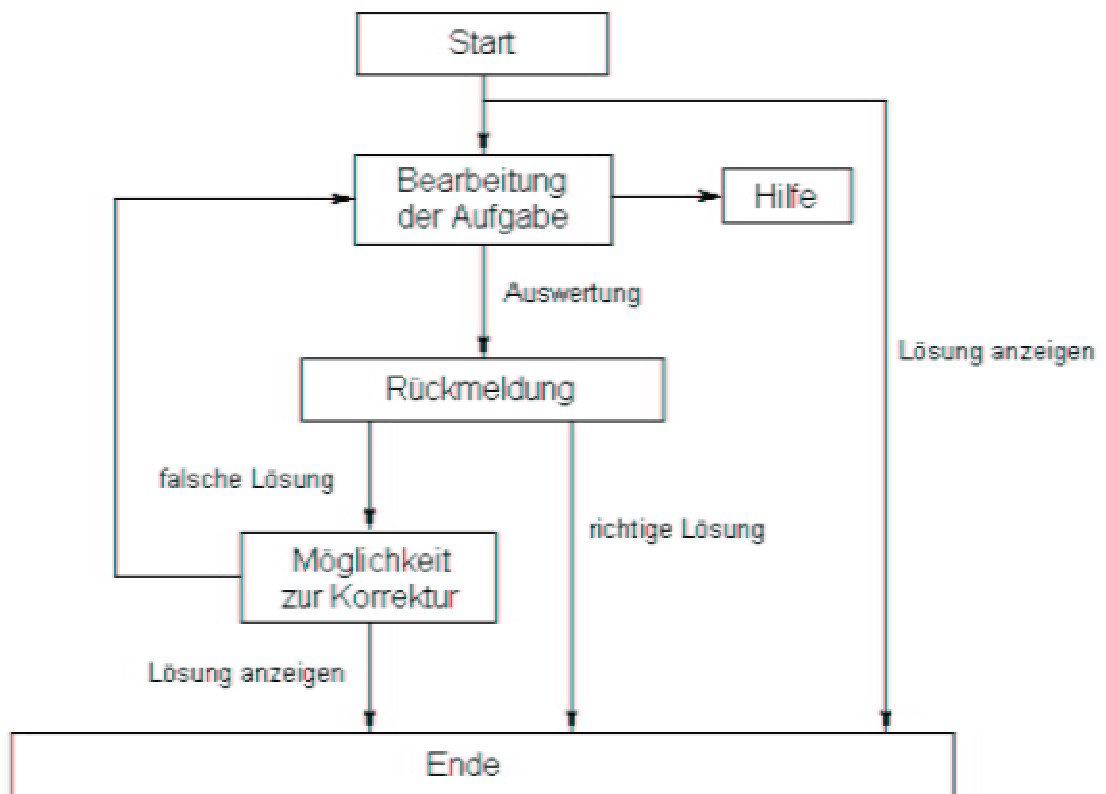


Abbildung 13: Schema der Aufgabenbearbeitung

Die Knöpfe bleiben zwar in ihrer Funktionalität immer gleich, ändern jedoch je nach Benutzung ihre Beschriftung. Nach dem ersten Benutzen des „bestätigen“-Knopfes ändert sich dessen Beschriftung in „erneut bestätigen“ um deutlich zu machen, dass man jederzeit die falschen Teilantworten berichtigen und die Aufgabe erneut auswerten lassen kann.

Die Aufschrift des „Hilfe“-Knopfes verändert sich ebenfalls kontextabhängig. Für den Fall, dass mehrere Hilfestellungen von Autor hinterlegt sind, ändert sich die Aufschrift in „weitere Hilfe“ um den Lernenden zu zeigen, dass sie sich bei Bedarf weitere Hilfestellungen anzeigen lassen können. Zusätzlich wird auf dem Knopf die gesamte Anzahl der abrufbaren Hilfen angezeigt.

Die verschiedenen Aufgabentypen werden im Folgenden genauer und nach ihrer steigenden Komplexität geordnet beschrieben.

6.1 Ja/Nein-Abfrage

Bei einer Ja/Nein-Abfrage gibt es zwei verschiedene Fragemöglichkeiten: Entweder soll eine Aussage als richtig oder falsch beurteilt werden, oder zu einer Frage stehen nur zwei Distraktoren zur Verfügung. Im Beispiel ist die zweite Form dargestellt:

Aufgabe:
Wie lautet der Name der Verbindung, die bei der Reaktion von 2-Methyl-2-buten mit Brom entsteht?

☐ 2-Methyl-2,3-dibrombutan

☐ 2,3-Dibrom-2-methylbutan

Antwort bestätigen

Hilfe

Lösung anzeigen

Abbildung 14: Ja/Nein-Abfrage aus dem Kapitel „Halogenaddition“

Nach dem ersten Bearbeiten der Aufgabe ist bei diesem Aufgabentyp die Lösung schon offensichtlich, denn entweder wurde die richtige Lösung gewählt, oder aber die andere Antwort ist richtig. Deshalb wird hier auf die Möglichkeit der Korrektur verzichtet. Eine strategische Hilfe sollte dennoch angeboten werden, da Aufgaben, die dem jeweiligen Autor leicht erscheinen, von manchen Lernenden nicht als leicht empfunden werden. Hinzu kommt, dass leicht ein Gefühl von Hilflosigkeit entstehen kann, wenn die Sicherheit einer Hilfe, auf die man immer zurückgreifen kann, nicht gegeben ist. Eine mögliche strategische Hilfe bei dieser Aufgabe wäre zum Beispiel die Empfehlung, die Seite mit den Grundzügen der IUPAC-Nomenklatur noch einmal aufzurufen.

Haben die Lernenden nach der Auswahl den „bestätigen“-Knopf gedrückt, erscheint die Rückmeldung auf dem freien Platz neben den möglichen Antworten. Auf die Verwendung eines Popup-Fensters wurde verzichtet, da dieses im Zweifelsfall die Frage verdeckt und aus dem Weg geschoben werden muss, um wieder alles überblicken zu können. In der Abbildung ist festgehalten, wie die Rückmeldung bei der Auswahl der richtigen Antwort aussieht:

Aufgabe:	
Wie lautet der Name der Verbindung, die bei der Reaktion von 2-Methyl-2-buten mit Brom entsteht?	
RICHTIG	
<input type="radio"/> 2-Methyl-2,3-dibrombutan	Die Nummerierung ist zwar richtig, die Anordnung der Substituenten im Namen ist jedoch falsch.
<input checked="" type="radio"/> 2,3-Dibrom-2-methylbutan	Die Substituenten werden in alphabetischer Reihenfolge angeordnet, die Verbindung heißt also 2,3-Dibrom-2-methylbutan.
<div>Antwort bestätigen</div> <div>Hilfe</div> <div>Lösung anzeigen</div>	

Abbildung 15: Gestaltung der Rückmeldung zur Ja/Nein-Abfrage

Die ausgewählte Antwort wird entweder grün (richtig) oder rot (falsch) hinterlegt, zusätzlich erscheint über dem erläuternden Text ein „Richtig!“ oder ein „Leider falsch“. Auf diese Weise wird gewährleistet, dass farbschwache bzw. farbenblinde Benutzer ebenfalls eine eindeutige Rückmeldung bekommen und auch bei einem möglichen Papier-Ausdruck die Aussage erhalten bleibt.

Der erläuternde Text oder auch Antworttext soll eine Begründung liefern, warum die zur Auswahl stehenden Antworten richtig bzw. falsch sind und sollte so konzipiert sein, dass er sowohl für die richtige als auch für die falsche Bearbeitung der Aufgabe eine sinnvolle Rückmeldung liefert. Diese Anforderung wurde durch die Hinterlegung eines kurzen Textes zu jedem Distraktor realisiert. Auf diese Weise müssen von den Entwicklern bei jeder Ja/Nein-Abfrage zwei Antworttexte geschrieben werden. Diese Umsetzung bedeutet vor allem bei den Multiple Select-Aufgaben eine nicht unwesentliche Arbeitserleichterung, da nicht für alle möglichen Antwortkombinationen eigene Rückmeldungen geschrieben werden müssen. Ein Antworttext ist allerdings auf jeden Fall erforderlich, denn eine einfaches „richtig“ oder „falsch“ reicht nicht aus, um sinnvoll lernen zu können. Gerade wenn die Aufgabe fehlerhaft gelöst wurde, ist es für den Lernenden wichtig zu wissen, warum seine Antwort falsch ist, um diesen Fehler nicht zu wiederholen.

6.2 Multiple Choice-Aufgaben

Fügt man bei einer Ja/Nein-Abfrage weitere falsche Distraktoren hinzu, so erhält man eine Multiple Choice-Aufgabe. In Abbildung 16 ist ein Beispiel aus dem Kapitel „Halogenaddition“ zu sehen.

Durch die größere Anzahl von Distraktoren – es sind mindestens drei – muss die Rückmeldung, die nach der Bearbeitung der Aufgabe erscheint, anders gestaltet werden. Hat der Lernende eine falsche Antwort gewählt (siehe Abbildung 17), so erscheint nach dem Absenden die Auswahl rot hinterlegt. Rechts neben der Antwort erscheint ein Text, der erläutert, warum diese

Auswahl falsch ist. Gleichzeitig ändert sich die Aufschrift des „bestätigen“-Knopfes in „erneut bestätigen“ um dem Lernenden zu zeigen, dass er sich verbessern kann. Zusätzlich hat er die Möglichkeit, sich die Lösung anzeigen zu lassen. Will er sich jedoch verbessern und wählt eine andere Antwort aus, so verschwindet der dunkelrote Rahmen um den Radio-Button der ersten Auswahl, der erläuternde Text bleibt stehen.

Aufgabe:

Warum greift das Halogenid-Ion den Sigmakomplex von der Rückseite her an?

- ☐ Das ist eher Zufall und hängt davon ab, wie die Moleküle aufeinander treffen.
- ☐ An der Vorderseite steht nicht genug Platz zur Verfügung.
- ☐ Nach der Spaltung des Brom-Moleküls nähert sich das Bromid-Ion automatisch der Rückseite eines weiteren Sigma-Komplexes.

Antwort bestätigen Hilfe Lösen

Abbildung 16: Multiple-Choice-Aufgabe aus dem Kapitel „Halogenaddition“

Wurde nun die richtige Antwort ausgewählt, so wird diese grün hinterlegt. Zusätzlich erscheinen alle erläuternden Texte zu den Distraktoren, damit auch die Begründungen für die Falschheit der anderen Antworten eingesehen werden können. Wird jedoch erneut eine falsche Antwort gewählt, so läuft die Rückmeldung genauso ab wie oben beschrieben.

Sollte der Fall eintreten, dass der Lernende durch die wiederholte Bearbeitung alle falschen Antworten auswählt und somit die richtige Lösung als einzig noch wählbare Antwort stehen bleibt, so muss er trotzdem diese Antwort bewusst auswählen, um die Rückmeldung zu erhalten. Sie wird nicht automatisch angezeigt, obwohl es keine weiteren Antwortmöglichkeiten gibt. Diese Vorgehensweise folgt dem Prinzip der vollen Kontrolle des Benutzers über das System, auch wenn es den Anschein hat, als wäre dieser zusätzliche Mausklick nicht notwendig.

Aufgabe:

Warum greift das Halogenid-Ion den Sigmakomplex von der Rückseite her an?

FALSCH

- ☒ Das ist eher Zufall und hängt davon ab, wie die Moleküle aufeinander treffen.

Wenn es Zufall wäre, dann müsste auch ein Vorderseiten-Angriff beobachtbar sein. Dieser findet jedoch nicht statt.

- ☐ An der Vorderseite steht nicht genug Platz zur Verfügung.

- ☐ Nach der Spaltung des Brom-Moleküls nähert sich das Bromid-Ion automatisch der Rückseite eines weiteren Sigma-Komplexes.

Erneut bestätigen

Hilfe

Lösen

Abbildung 17: Rückmeldung zu einer falschen Antwort

Aufgabe:

Warum greift das Halogenid-Ion den Sigmakomplex von der Rückseite her an?

RICHTIG

- ☐ Das ist eher Zufall und hängt davon ab, wie die Moleküle aufeinander treffen.

Wenn es Zufall wäre, dann müsste auch ein Vorderseiten-Angriff beobachtbar sein. Dieser findet jedoch nicht statt.

- ☒ An der Vorderseite steht nicht genug Platz zur Verfügung.

Das Brom-Atom an der Vorderseite der Sigma-Komplexes nimmt so viel Raum ein, dass das Bromid-Ion sich nicht von dieser Seite der C-C Bindung nähern kann.

- ☐ Nach der Spaltung des Brom-Moleküls nähert sich das Bromid-Ion automatisch der Rückseite eines weiteren Sigma-Komplexes.

In Lösung können sich die Moleküle in beliebiger Position zueinander befinden, das Bromid-Ion ist frei beweglich. Ein Vorderseitenangriff wäre mit dieser Begründung auch denkbar.

Antwort bestätigen

Hilfe

Lösen

Abbildung 18: Rückmeldung zur richtigen Antwort

Die angebotene Hilfe bei Multiple Choice-Aufgaben sollte wieder strategisch, bei Aufgaben für höhere Semester jedoch mehr inhaltlich ausgerichtet sein (siehe Kapitel 3). Werden mehrere Hilfen angeboten, so erscheint wie bei der Ja/Nein-Abfrage jeweils die veränderte Beschriftung des Hilfe-Knopfes um anzuzeigen, dass noch weitere Hilfen abrufbar sind.

6.3 Multiple Select-Aufgaben

Der Unterschied zwischen Multiple Choice- und Multiple Select-Aufgaben besteht darin, dass beim letztgenannten Aufgabentyp keine, eine, mehrere oder sogar alle angegebenen Distraktoren richtige Antworten zur Frage sein können. Da es technisch nicht möglich ist, in angemessener Zeit bei diesem Aufgabentyp eine individuelle Rückmeldung zu jeder möglichen Antwortkombination zu erstellen, wurde die technische Umsetzung genauso gestaltet wie bei den Ja/Nein-Abfragen und Multiple Choice-Aufgaben.

Aufgabe:

Markieren Sie alle Verbindungen, welche in der Industrie direkt (ohne Zwischenschritte) durch Halogenaddition an eine Mehrfachbindung hergestellt werden.

- ☐ Chloropren
- ☐ 1,2-Dichlorethan
- ☐ Vinylchlorid
- ☐ 1,1,2,2-Tetrachlorethan
- ☐ keine der genannten

Antwort bestätigen Hilfe Lösung anzeigen

Abbildung 19: Multiple Select-Aufgabe aus dem Beispielkapitel

Ist die Antwort vollständig oder teilweise richtig, erfolgt die Rückmeldung wie oben beschrieben: Die richtigen bzw. falschen Teilantworten werden grün und rot hinterlegt, dazu erscheint der erläuternde Text. Zusätzlich erscheint der Hinweis „Teilweise Richtig“ im oberen Teil der Aufgabe. Die Lernenden

können dann die falschen Antworten korrigieren und die Aufgabe erneut auswerten lassen.

Aufgabe:

Markieren Sie alle Verbindungen, welche in der Industrie direkt (ohne Zwischenschritte) durch Halogenaddition an eine Mehrfachbindung hergestellt werden.

TEILWEISE RICHTIG

☐ Chloropren

☒ 1,2-Dichlorethan 1,2-Dichlorethan entsteht bei der Reaktion von Ethen mit Chlor.

☒ Vinylchlorid Vinylchlorid wird nicht direkt, sondern in zwei Stufen aus Ethen und Chlor hergestellt.

☐ 1,1,2,2-Tetrachlorethan

☐ keine der genannten

Erneut bestätigen

Hilfe

Lösung anzeigen

Abbildung 20: Rückmeldung einer teilweise richtigen Antwort

Ein neuer Aspekt kommt hinzu, wenn der Lernende zwar richtige, aber zu wenig Antworten ausgewählt hat. Dies kann zum Beispiel dann eintreten, wenn alle Distraktoren richtig sind, der Lernende dies jedoch nicht erkannt hat. In diesem Fall werden die Antworten wie bisher grün markiert, es erscheint aber der Hinweis „Die Antwort ist unvollständig.“ Wurde hingegen zusätzlich zu den richtigen Antworten auch mindestens eine falsche ausgewählt, so erscheint der Hinweis „Sie haben zu viele Möglichkeiten ausgewählt.“ Wie bei den Multiple Choice-Aufgaben muss auch hier der Lernende die falsche Antwort bewusst demarkieren und die Aufgabe erneut auswerten lassen.

Bei diesem Aufgabentyp besteht auch die Möglichkeit, dass keine der zur Verfügung stehenden Antwortmöglichkeiten richtig ist (siehe Kapitel 3.4.4). Darum wird hier eine zusätzliche Antwortmöglichkeit angeboten: „Keine der genannten“. Auf diese Weise wird von den Lernenden diese Möglichkeit bewusst ausgewählt und sie klicken nicht einfach, ohne eine Auswahl getroffen zu haben, auf den „bestätigen“-Knopf. Zusätzlich ermöglicht diese

Lösung eine Konsistenz mit den anderen Aufgabentypen für den Fall, dass der Lernende die Aufgabe auswerten lassen will, ohne vorher eine Antwort markiert zu haben.

6.4 Lückentext-Aufgaben

Bei diesem Aufgabentyp stehen drei Gestaltungsoptionen zur Verfügung: Die Verwendung von Texteingabefeldern, Drop-Down-Menüs oder die Umsetzung als Drag&Drop-Aufgabe. Die Abbildung zeigt eine Lückentextaufgabe mit Texteingabefeldern aus dem Beispielkapitel:

Setzen Sie in die Lücken die richtigen Begriffe ein.

Die Addition von Halogenen an eine Doppelbindung hat vielerlei Anwendungen, sowohl im Labor als auch in der Industrie. dient im Labor zum Nachweis von Doppelbindungen in einem Molekül. Die bei Fetten ist ein Maß für die Ungesättigtheit des Fettes. In der Industrie wird aus Ethen in zwei Reaktionsschritten hergestellt, das zu PVC, einem der wichtigsten Kunststoffe, polymerisiert wird. Ein weiterer wichtiger Kunststoff ist , der im Brandschutz eingesetzt wird. Bei der Entfettung von Metallteilen oder auch bei Textilreinigung wird verwendet, das ebenfalls aus Ethan als Grundstoff hergestellt wird.

Antwort bestätigen

Hilfe

Lösung anzeigen

Abbildung 21: Lückentextaufgabe aus dem Beispielkapitel

Während die zweite Variante letztendlich eine wiederholte Multiple-Choice-Aufgabe und die dritte eine Multiple Select-Aufgabe darstellt, ist die erste Variante sowohl didaktisch als auch technisch die anspruchsvollere. Die Lernenden können bei einer Freitexteingabe - also der offeneren Aufgabenform - nicht auf Begriffe zurückgreifen wie bei den Drop-Down-Menüs, sondern müssen ohne diese zusätzliche Hilfestellung die richtigen Begriffe finden. Die Textfelder sind dabei alle gleich lang, da sie sonst einen Hinweis auf die Länge des Wortes und somit auf die Lösung geben können.

Allerdings ist die Erstellung einer Lückentext-Aufgabe für die Entwickler sehr aufwändig. Damit ein falsch geschriebener Begriff als solcher vom System erkannt wird und nicht als falscher Begriff, müssen die häufigsten Schreibfehler im System hinterlegt werden, damit sie bei der Auswertung der Aufgabe als richtiger Begriff erkannt werden. Ebenso verhält es sich mit Synonymen wie zum Beispiel Magnesiumoxid/Bittererde, Alken/Olefin, hydrophil/wasserliebend oder alternativen Schreibweisen wie zum Beispiel Calcium/Kalzium, Iod/Jod, Benzol/Benzen.

Aufgrund dieser erheblichen Mehrarbeit für die Variante der Texteingabefelder ist es wahrscheinlich, dass die Entwickler eher die beiden anderen Gestaltungsformen einsetzen werden. Bei der Drop-Down-Variante werden in einem Drop-Down-Menü verschiedene Begriffe angeboten, die den Text richtig ergänzen. Die Auswahl geschieht durch Anklicken des gewünschten Begriffes. Bei der Drag&Drop-Variante werden Begriffe aus einer Liste ausgewählt und in die freien Felder im Text platziert.

Wie bei den anderen Aufgabenformen haben die Lernenden die Möglichkeit, sich Hilfen oder sofort die Lösung anzeigen zu lassen sowie nach der Bearbeitung die Fehler zu korrigieren. Nach der Auswertung der Aufgabe durch den Computer besteht die Rückmeldung bei diesem Aufgabentyp in der roten oder grünen Hinterlegung der ausgewählten bzw. eingegebenen Begriffe (siehe Abbildung 22).

Idealerweise werden Rechtschreibfehler schon in diesem Schritt korrigiert, indem das falsch geschriebene Wort in Klammern gesetzt und die richtige bzw. aktuelle Schreibweise dahinter angezeigt wird. Diese Funktion konnte zum Zeitpunkt der Konzeption noch nicht implementiert werden, wird jedoch zu einem späteren Zeitpunkt eingefügt.

Wird die Lösung abgerufen, so erscheint bei der Freitextvariante im Textfeld zusätzlich der richtige Begriff. Der falsche Begriff wird in Klammern mit dem Zusatz „falsch“ dahinter angezeigt (siehe Abbildung 23). Auf diese Weise stehen falscher und richtiger Begriff direkt nebeneinander. Diese Umsetzung der Rückmeldung ist besser als die Lösung in einem Popup-Fenster anzuzeigen, da die räumliche Nähe zwischen falschem Begriff und richtiger

Lösung das Vergleichen erleichtert. Bei den richtig eingegebenen Begriffen erfolgt keine Veränderung, auch der grüne Hintergrund bleibt bestehen.

Setzen Sie in die Lücken die richtigen Begriffe ein.

TEILWEISE RICHTIG

Die Addition von Halogenen an eine Doppelbindung hat vielerlei Anwendungen, sowohl im Labor als auch in der Industrie. **BROM** dient im Labor zum Nachweis von Doppelbindungen in einem Molekül. Die **IODZAHL** bei Fetten ist ein Maß für die Ungesättigtheit des Fettes. In der Industrie wird aus Ethen in zwei Reaktionsschritten **VINYLCHELORID** hergestellt, das zu PVC, einem der wichtigsten Kunststoffe, polymerisiert wird. Ein weiterer wichtiger Kunststoff ist **CHLOROPREN**, der im Brandschutz eingesetzt wird. Bei der Entfettung von Metallteilen oder auch bei Textilreinigung wird **TRICHELORETHEN** verwendet, das ebenfalls aus Ethan als Grundstoff hergestellt wird.

Erneut bestätigen

Hilfe

Lösung anzeigen

Abbildung 22: Rückmeldung einer Lückentext-Aufgabe

Setzen Sie in die Lücken die richtigen Begriffe ein.

Die Addition von Halogenen an eine Doppelbindung hat vielerlei Anwendungen, sowohl im Labor als auch in der Industrie. **BROMWASSER** [falsch] dient im Labor zum Nachweis von Doppelbindungen in einem Molekül. Die **IODZAHL** bei Fetten ist ein Maß für die Ungesättigtheit des Fettes. In der Industrie wird aus Ethen in zwei Reaktionsschritten **VINYLCHELORID** hergestellt, das zu PVC, einem der wichtigsten Kunststoffe, polymerisiert wird. Ein weiterer wichtiger Kunststoff ist **CHLOROPRENKAUTSC**, der im Brandschutz eingesetzt wird. Bei der Entfettung von Metallteilen oder auch bei Textilreinigung wird **TRICHELORETHEN** verwendet, das ebenfalls aus Ethan als Grundstoff hergestellt wird.

Erneut bestätigen

Hilfe

Lösung anzeigen

Durch die Halogenaddition werden in der Industrie überwiegend Lösungsmittel oder Polymere hergestellt, im Labor dient sie analytischen Zwecken.

Abbildung 23: Lösungsanzeige bei einer Lückentext-Aufgabe

Die Hilfen für zu diesem Aufgabentyp können nur allgemeiner Natur - zum Beispiel ein Verweis auf die entsprechenden Inhaltsseiten - sein. Es erscheint nicht sinnvoll, aufgrund des hohen zeitlichen Aufwandes für jede einzelne Lücke eine eigene Hilfe zu hinterlegen.

6.5 Drag&Drop-Aufgaben

Im Gegensatz zu den bisher behandelten Aufgabentypen ist die Bezeichnung Drag&Drop nicht mit einer spezifischen Aufgabenform verbunden (siehe Kapitel 3). Vielmehr bietet die Drag&Drop-Methode die Möglichkeit, zahlreiche Formen von Anordnungs- und Zuordnungsaufgaben zu realisieren⁸⁸. Unterschiedliche Schwierigkeitsgrade können durch Einfügen von nicht zuzuordnenden Teilen realisiert werden. Einige Beispiele sind in Tabelle 6 aufgeführt.

Aufgabenform	Beispiel
Sortieren	<ul style="list-style-type: none"> • verschiedene Begriffe einem Oberbegriff zuordnen • Paare bilden
räumliches Anordnen	Eine Destillations-Apparatur mit vorgegebenen Teilen zusammen setzen.
zeitliches Anordnen	Einen Reaktionsmechanismus auf vorgegebenen Teilen zusammen setzen.
sachliches Anordnen	Verbindungen nach steigender Löslichkeit (zum Beispiel in Wasser) ordnen.
Silbenrätsel	Begriffe zu einer Lerneinheit aus Silben zusammensetzen

Tabelle 6: Beispiele für Zuordnungsaufgaben

Bei Drag&Drop-Aufgaben gibt es kein festes Muster beim Grundaufbau der Aufgabe, sondern die Gestaltung hängt stark von der Aufgabenform ab. So soll zum Beispiel die Auswertung in zwei verschiedenen Varianten - abhängig von der Aufgabenform – gestaltet werden können. Je nach Umfang und Art der Aufgabe soll sie entweder nach jedem Teilschritt oder erst nach vollständiger Bearbeitung der Aufgabe erfolgen können. Die Hilfen sind je nach Aufgabenform nicht immer sinnvoll umzusetzen, da sie vor allem bei

Aufgaben, die eine gesamte Lerneinheit umfassen, nur sehr allgemein gehalten werden können.

Da bei Zuordnungsaufgaben kein festes Schema vorgegeben werden kann, sollen im Folgenden allgemeine Richtlinien für die in der Tabelle genannten Aufgabenformen vorgestellt werden.

6.5.1 Sortieren

Diese Aufgabenform lässt sich auf vielfältige Weise umsetzen. Eine einfache Methode ist das Sortieren in eine Tabelle, wobei Begriffe oder Strukturen in zwei oder mehrere verschiedene Kategorien eingeordnet werden müssen. Bei dieser Variante sollte darauf geachtet werden, dass auch nicht einsortierbare Begriffe angeboten werden, da sonst die Aufgabe durch einfaches Ausprobieren gelöst werden kann („Wenn der Begriff nicht rechts hingehört, dann auf jeden Fall links.“). Eine andere Variante ist das Zuordnen von verschiedenen Darstellungsformen einer Verbindung, zum Beispiel Name – Strukturformel oder Strukturformel – Fischer-Projektion oder das Zusammensetzen von Reaktionsgleichungen aus vorgegebenen Teilen. Ein Beispiel einer Zuordnungsaufgabe zeigt Abbildung 24.

Die Zuordnung erfolgt in allen Fällen durch das Aufnehmen des Elementes, das zugeordnet werden soll, mit der Maus. Die linke Maustaste bleibt gedrückt, und das ausgewählte Element kann an die gewünschte Stelle verschoben werden. Durch Loslassen der linken Maustaste wird das Element fallen gelassen.

Ebenso wie die Gestaltung der Aufgabe ist die Rückmeldung der Bearbeitung auf unterschiedliche Weise sinnvoll gestaltbar.

Handelt es sich um Zuordnungen in eine Tabelle, so werden die falsch einsortierten Begriffe rot unterlegt und bleiben beweglich, damit man ihre Position korrigieren kann. Die richtig zugeordneten Begriffe werden grün hinterlegt. Hier ist es sinnvoller, die Aufgabe erst nach vollständiger Sortierung auswerten zu lassen, da eine Kontrolle jedes einzelnen Begriffes zu kleinschrittig ist und bei dieser Aufgabenform keine Folgefehler auftreten. Bei Zuordnungen wie das Aufstellen der Reaktionsgleichung ist es sinnvoller und auch technisch einfacher, jeden Reaktionsschritt einzeln auswerten zu

lassen („OK“-Knopf in der Abbildung). Auf diese Weise vereinfacht man die Auswertungsprozedur, da nicht zusätzlich zur absoluten die relative Lage der Bausteine zueinander kontrolliert werden muss. Zudem vermeidet man Folgefehler, die durch das falsche Legen eines Bauteils entstehen können.

Ordnen Sie die Fischer-Projektionen den Strukturformeln zu!

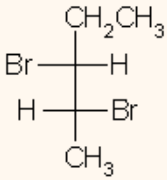
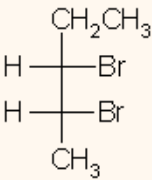
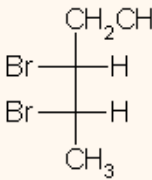
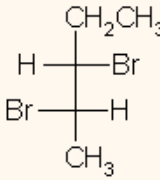
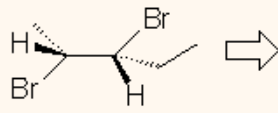
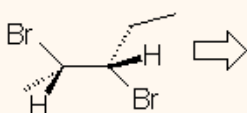
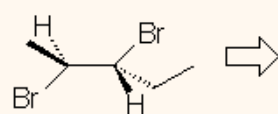
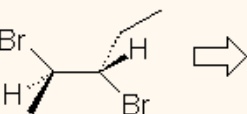
			
<p>1</p>  <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">OK</div>	<p>2</p>  <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">OK</div>	<p>3</p>  <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">OK</div>	<p>4</p>  <div style="text-align: right; margin-top: 10px;">OK</div>

Abbildung 24: Zuordnungsaufgabe aus dem Beispielkapitel

Bei Aufgaben, die viel Platz benötigen, wird die Anzeige der Lösung in der gleichen Fläche zu unübersichtlich oder gar unmöglich. In diesen Fällen soll die Lösung in einem Popup-Fenster angezeigt werden. Sonst soll die Anzeige der Lösung wie bisher im gleichen Fenster erfolgen.

Bei der Bildung von Paaren (zum Beispiel hydrophil – hydrophob als gegensätzliches Paar) muss zusätzlich gewährleistet sein, dass ein richtig gebildetes Paar unabhängig von der relativen Stellung zueinander (zum Beispiel hydrophil – hydrophob und hydrophob – hydrophil) als richtig erkannt wird.

6.5.2 Räumliches Anordnen

Das Zusammensetzen von Apparaturen aus verschiedenen Glasteilen ist ein wesentlicher Teil der Laborarbeit während des Chemie-Studiums. Gerade bei komplizierten Apparaturen kann der Lernende mithilfe des Computers schon einmal eine Apparatur aufbauen, bevor er ins Labor geht. Räumliche Anordnungsaufgaben wie das Aufbauen einer Destillationsapparatur erfordern besondere Funktionalitäten. Es muss nicht nur der richtige Platz eines Glasgerätes kontrolliert werden, sondern unter Umständen auch die richtige Reihenfolge des Aufbaus. Die Rückmeldung muss auf diese beiden Aspekte (Platz, Reihenfolge) eingehen, indem falsch platzierte Teile (zum Beispiel ein Thermometer) markiert werden sowie eine Begründung für eine vorteilhaftere Reihenfolge des Aufbaus geliefert wird. Die Hilfe sollte in strategischer Weise den Lernenden beim Aufbau unterstützen, indem zum Beispiel lenkende Fragen aufgeworfen werden: „Welches ist das zentrale Glasgerät? Dieses sollte zuerst am Stativ befestigt werden.“

Die Anzeige der Lösung muss ebenfalls auf beide Aspekte eingehen und nicht nur die fertige Apparatur, sondern auf Knopfdruck auch den Aufbau in einer Animation zeigen. Zur besseren Übersicht sollte die Animation in einem Popup-Fenster angezeigt werden, damit gleichzeitig das eigene Ergebnis bzw. das fertige Schema der Lösung sichtbar bleibt.

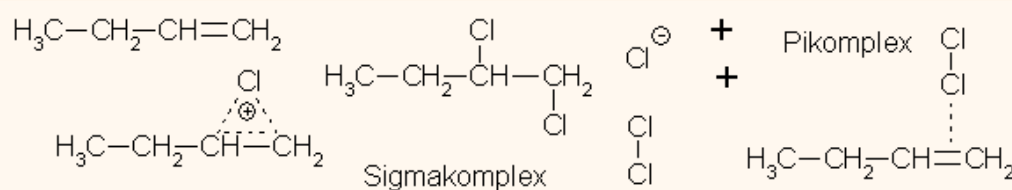
6.5.3 Zeitliches und sachliches Anordnen

Für Aufgaben, in denen Begriffe, Verbindungen oder andere Elemente in eine zeitliche oder sachlich richtige Reihenfolge gebracht werden sollen, gelten ähnliche Richtlinien wie bei den räumlichen Anordnungen. Ein Beispiel für eine Aufgabe, in der die angebotenen Elemente zeitlich angeordnet werden müssen, zeigt Abbildung 25.

Anordnungsaufgaben sind unter Umständen schwer zu kontrollieren. Soll die Auswertung nicht schrittweise (zum Beispiel nach dem Ablegen einer einzelnen Strukturformel in der oben abgebildeten Aufgabe), sondern im Ganzen stattfinden (zum Beispiel nach dem Ordnen von Verbindungen nach steigender Löslichkeit in Wasser), so muss die Auswertelogik auch berücksichtigen, dass es richtige Teilbereiche der Anordnung geben kann.

Ein solcher Teilbereich sind im genannten Beispiel Verbindungen, die zwar untereinander richtig angeordnet sind, aber in der gesamten Kette an einer falschen Stelle liegen. Die Aufgabe wurde also nicht komplett falsch gelöst. Die Rückmeldung muss auf diese Teilbereiche eingehen und begründen, wie die richtige Lösung aussieht.

Setzen Sie aus den Puzzleteilen den Reaktionsmechanismus für die Addition von Chlor an 1-Buten zusammen!



1

OK

2

OK

3

OK

4

OK

Abbildung 25: zeitliches Anordnen: Aufstellen einer Reaktionsgleichung

6.5.4 Silbenrätsel

Da die Vorgehensweise bei der Lösung eines Silbenrätsels allgemein bekannt ist, wird hier auf eine Aufgabenstellung verzichtet. Im Browser-Fenster erscheint oben das gelb unterlegte Feld mit den alphabetisch sortierten Silben, darunter befinden sich die Beschreibungen der gesuchten Begriffe mit den Linien, auf welche die Silben gezogen werden müssen.

Bei dieser Aufgabenform soll jeder Begriff einzeln ausgewertet werden, da zum einen ein Silbenrätsel schnell umfangreich wird und zum anderen falsch eingesetzte Silben zu Folgefehlern werden, die das Rätsel unlösbar machen.

Eine mögliche Umsetzung ist die Hinterlegung eines unsichtbaren Feldes, in dem die hineingelegten Silben abgefragt werden. Sind die richtigen Silben im Feld, so erscheint der Begriff. Die Rückmeldung ist also in diesem Fall durch das Erscheinen des Begriffes gegeben.

ad bin bo car chlo de di dich dop dung e e ha hin iod
ion ion kat kom kom le lek lek lo ma nen ni nyl pel phi
pi plex plex ri rid rung sche sig ste te tion tro tro um vi zahl

Bei richtiger Lösung ergeben die roten Buchstaben eine wichtige Ortsangabe.

**Silben
zurücklegen**

dies muss im Molekül lokal erhöht sein (6 Silben)	positiv geladene Zwischenstufe (4)
so heißt das Ion, das bei der Halogenaddition den Sigmakomplex bildet (5)	so wird der behandelte Reaktionstyp genannt (8)
man kann sie mit Bromwasser nachweisen (4)	man kann sie mit dieser Reaktion bestimmen (2)
ein wichtiges technisches Produkt (4)	darum ist es kein Ein-Schritt-Mechanismus (6)
ein anderes Ion, das den Sigmakomplex bildet (4)	Zwischenstufe, bei der nur Anziehungskräfte wirken (3)

Abbildung 26: Silbenrätsel aus dem Beispielkapitel

Eine sinnvolle Hilfe gestaltet sich bei einem Silbenrätsel schwierig. Als immer sichtbare Hilfestellung werden bei jeder Umschreibung die Anzahl der Silben des gesuchten Begriffs angegeben (s.o.) und auf eine weitere Hilfe verzichtet, da ein Silbenrätsel in der Regel einen größeren Lernabschnitt umfasst und somit nur auf die Inhaltsseiten verwiesen werden könnte. Die Anzeige der Lösung erfolgt wie durch die Anzeige der noch nicht gefundenen Begriffe auf den jeweiligen Linien.

7 Empirische Untersuchung

Um das in Kapitel 6 beschriebene Konzept zur Lernkontrolle auf seine Zweckmäßigkeit zu überprüfen wurde eine formative Evaluation durchgeführt. Ziel einer formativen Evaluation ist es, die Qualität des Inhalts in einer möglichst frühen Phase zu testen und gegebenenfalls den Inhalt bzw. dessen Konzeption anhand der Evaluationsergebnisse zu verändern⁸⁹. Der zu testende Inhalt ist hier die Konzeption und Gestaltung der Übungsaufgaben. Die formative Evaluation des Lernkontroll-Konzeptes soll Erkenntnisse darüber liefern, an welchen Stellen das Konzept noch an den Bedürfnissen der Studierenden vorbei geht und somit noch verbessert werden muss.

7.1 Organisatorischer Rahmen

Die Untersuchung fand im November 2001 im Computerraum der Institutes für anorganische Chemie der Christian-Albrechts Universität zu Kiel statt. Die acht zur Verfügung stehenden Computer wurden zusätzlich zur bereits vorhandenen Software - Windows NT 4.0, Internet Explorer - mit den notwendigen Plugins Chime und Quicktime sowie dem Beispielkapitel des Vernetzten Studiums ausgestattet.

Die Korrektur-Funktion konnte zum Zeitpunkt der Untersuchung bei den Lückentext-Aufgaben nicht vollständig implementiert werden, so dass die Probanden sowohl Aufgaben mit als auch ohne Korrekturmöglichkeit bearbeiten mussten. Dies wird jedoch nicht als Nachteil gewertet, da auf diese Weise die Probanden sogar eher besser beurteilen können, ob sie sich nach der Rückmeldung korrigieren möchten oder nicht.

Zu Beginn der Untersuchung wurde jeder Gruppe die gleiche Arbeitsanweisung vorgelesen, die im Anhang nachzulesen ist. Zusätzlich

wurden die Navigationsmöglichkeiten sowie das Plugin Chime mittels eines Beamers an die Wand projiziert und für alle sichtbar vorgeführt.

Während der Untersuchung arbeitete jeder Proband alleine an einem Computer. Bei Verständnisfragen oder Problemen beim Umgang mit dem Programm konnten sich die Probanden an mich wenden oder auch ihre Kommilitonen befragen. Im Vorfeld der Studie wurde die benötigte Zeit mit etwa einer Stunde beziffert und gleichzeitig darauf hingewiesen, dass dies keine Zeitbeschränkung bedeute, sondern dass sich jede/r so viel Zeit lassen könne, wie er oder sie wolle.

Der Fragebogen wurde schon zu Beginn der Sitzungen verteilt, jedoch verdeckt bis zum Ausfüllen liegen gelassen. Auf diese Weise wurde unnötiges Laufen durch den Raum als möglicher Störfaktor vermieden. Der Fragebogen ist im Anhang vollständig abgedruckt.

7.2 Beschreibung der Probanden

Bei den Probanden handelt es sich um jeweils elf Studierende der Chemie und Biochemie, die das Grundpraktikum organische Chemie absolvieren. Alle Probanden nehmen zum ersten Mal am Praktikum teil, und alle sind im dritten Fachsemester. Zusätzlich zu den praktischen Arbeiten im Labor wird als Bestandteil des Praktikums ein Seminar besucht, das für beide Studiengänge die gleichen Inhalte vermittelt. Vor der Durchführung der Studie wurden im Seminar bereits Kenntnisse über Grundlagen der organischen Chemie vermittelt. Die Gruppe der Probanden kann demnach als homogen angesehen werden, auch wenn sie sich aus Studierenden zweier Studiengänge zusammensetzt.

Die Kompetenzen der Probanden im Hinblick auf den Umgang mit einem Computer werden auf Grund von Untersuchungen⁹⁰ mit Probanden gleichen Alters als hoch eingestuft. Zudem kann wegen des Alters der Studierenden und den von der Universität angebotenen Computerräumen mit Internetzugang davon ausgegangen werden, dass sie auch Erfahrungen mit dem Internet haben. Diese Erfahrungen werden unter anderem die

Benutzung einer Browser oder das Navigieren auf einer Homepage beinhalten. Aufgrund dieser Bedingungen wird davon ausgegangen, dass die Probanden mit dem Computer sicher umgehen können. Auf der anderen Seite sind sie mit dem Studium noch nicht so weit, dass sie zu den fortgeschrittenen Lernenden gezählt werden können, die schon über vertiefte Kenntnisse verfügen. Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass die Probanden die Lerneinheit linear durcharbeiten werden⁹¹. Die Gestaltung der Hilfen bei den Aufgaben wurde strategisch gestaltet, da dies wie bereits in Kapitel 3.5 beschrieben für nicht inhaltsvertraute Lernende geeignete Hilfestellungen sind.

Auf Grund der aus dem Seminar der vorangegangenen Woche schon vorhandenen Grundkenntnisse über die Halogenaddition hat die Bearbeitung des Kapitels „Halogenaddition“ für die Probanden eher wiederholenden Charakter, wie es auch bei der späteren Verwendung des gesamten Vernetzten Studiums überwiegend der Fall sein wird. Für die Studie wurde das Beispielkapitel jedoch nicht mit anderen Lerneinheiten des Vernetzten Studiums vernetzt, da die erforderlichen Inhalte zum Teil zum Zeitpunkt der Untersuchung aufgrund der Meilensteinplanung noch nicht von den zuständigen Projektgruppen fertig gestellt worden sind und es zudem zur Evaluation des Lernkontrollkonzepts nicht erforderlich erscheint. Somit entspricht die Situation, in der die Probanden an der Studie teilnehmen, in etwa der Situation der Studierenden, die gezielt eine einzige Lerneinheit - etwa zur Seminarwiederholung – aus dem Vernetzten Studium aufrufen und durcharbeiten.

7.3 Beschreibung der ausgewählten Lerneinheit

7.3.1 Didaktisch-methodische Betrachtung

Zur Durchführung der Untersuchung wurde das Thema „Addition von Halogenen an Doppelbindungen“ (kurz: Halogenaddition) gewählt und eine Lerneinheit zu diesem Thema nach den Vorgaben des Vernetzten Studiums

erstellt. Das Thema eignet sich besonders, da es in sich geschlossen und gut strukturierbar ist. Die Lerneinheit lässt sich somit in einzelne übersichtliche Teilabschnitte gliedern, die den Lernenden die Übersicht und die Bearbeitung der Lerneinheit erleichtern.

Diese Reaktion erfolgt nach dem Mechanismus der elektrophilen Addition⁹². Er gehört zu den grundlegenden Mechanismen der organischen Chemie und ist somit einer der ersten Mechanismen, die im Chemie-Studium am Beispiel der Addition von Halogenen an Alkene gelernt werden. Der Mechanismus der elektrophilen Addition wird im gesamten weiteren Verlauf des Studiums benötigt und besitzt deshalb eine hohe fachliche Relevanz für die Studierenden. Der Mechanismus wird nicht allgemein behandelt, sondern exemplarisch an der Addition von Brom an Cyclopenten erklärt. Die Verwendung von Cyclopenten hat den Vorteil, dass bei der Betrachtung des Mechanismus noch keine stereochemischen Aspekte betrachtet werden müssen und somit die Übersicht erhöht wird.

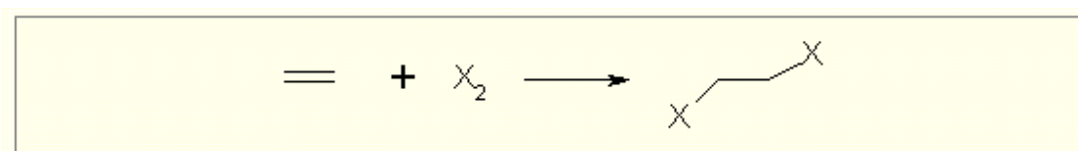
Bei der Vermittlung des Mechanismus werden insgesamt wenig Verständnisprobleme erwartet, da keine Lösungsmittelleffekte oder Abhängigkeiten der Substratstruktur berücksichtigt sowie keine intermolekularen Umlagerungen beachtet werden müssen wie zum Beispiel bei Substitutions- oder Eliminierungsreaktionen. Es sind nur die beiden Reaktanden an der Reaktion aktiv beteiligt, so dass die Studierenden ihr Augenmerk nur auf diese Verbindungen richten müssen. Der Mechanismus gliedert sich in drei Schritte, und die Vorgänge sind gut nachzuvollziehen sowie graphisch anschaulich und übersichtlich darstellbar.

Ebenso wie der Mechanismus ist die Stereochemie der elektrophilen Addition am Beispiel der Halogenaddition an Doppelbindungen gut zu visualisieren, da mit einfachen Verbindungen gearbeitet werden kann. Hier können jedoch vermehrt Verständnisprobleme entstehen, da nicht wenige Studierende Probleme mit dem dreidimensionalen Vorstellungsvermögen haben und sich die zweidimensionalen Strukturen, die bei der klassischen Vermittlung eingesetzt werden, nicht räumlich vorstellen können. Darum ist es wichtig, die Stereochemie exemplarisch an einer einfachen Verbindung zu erklären. Zudem muss das Beispiel so gewählt werden, dass alle Aspekte der

Stereochemie der elektrophilen Addition vermittelt werden können. Als Beispiel wurde deshalb die Addition von Brom an *cis*- und *trans*-2-Buten gewählt, da es als einfaches System dennoch die nötigen Voraussetzungen erfüllt, alle wichtigen Aspekte der Stereochemie dieses Reaktionstyps zu erklären. Bei der Bromaddition an *cis*-2-Buten entsteht ein racemisches Gemisch der beiden chiralen Produkte (2*R*, 3*R*)-Dibrombutan und (2*S*, 3*S*)-Dibrombutan. Aus *cis*-2-Buten entsteht unter analogen Bedingungen die *meso*-Verbindung. Die Anwendung der CIP-Regeln für die Benennung der Chiralitätszentren erfolgt mithilfe der Fischer-Projektionen der Verbindungen, da durch die Reduktion der räumlichen Strukturformel auf die zweidimensionale Fischer-Projektion deren Anwendung erleichtert wird. Doch beim Aufstellen der Fischer-Projektion liegen ebenfalls oft Probleme bei den Studierenden vor; deshalb wurde durch 2D- und 3D-Animationen die Umwandlung der entsprechenden räumlichen Strukturformeln in deren Fischer-Projektionen visualisiert, um die Arbeitsschritte bei der Projektion zu veranschaulichen. Ein besonderer Schwerpunkt muss dabei auf die Darstellung der unterschiedlichen absoluten Konfigurationen der Verbindungen gelegt werden, um den Lernprozess optimal zu unterstützen. Wurde bereits im Vorfeld die Stereochemie allgemein behandelt, so kann an dieser Stelle noch einmal wiederholend auf die wichtigsten Begriffe der Stereochemie eingegangen werden. Andernfalls müssen sie hier eingeführt werden. Das vorliegende Kapitel wurde so konzipiert, dass Grundkenntnisse in Stereochemie vorausgesetzt werden, da diese oftmals in vorangehenden, grundlegenden Kapiteln und in einem eigenen Kapitel „Stereochemie“ behandelt werden.

7.3.2 Aufbau und Elemente des Kapitels

Die allgemeine farbliche Gestaltung der Seiten richtet sich nach den verpflichtenden Vorgaben des Projektes (siehe Kapitel 4). Auf den Seiten, die Reaktionsmechanismen zum Inhalt haben, wurde zusätzlich oberhalb der Seitenüberschrift ein Icon der Reaktion eingefügt.



Addition von Halogenen an Doppelbindungen

am Beispiel der Reaktion von Cyclopenten mit Brom

Abbildung 27: Kopf einer Seite

Diese Ikonisierung soll den Lernenden ermöglichen, den Inhalt der Seite einem bestimmten Mechanismus zuzuordnen, wenn diese Seite in einem anderen Zusammenhang aufgerufen wird. Ein solcher anderer Zusammenhang könnte zum Beispiel eine Lerneinheit sein, in der verschiedene Reaktionen der Alkene vermittelt werden sollen. Jede der vorgestellten Reaktionen hat dann ein anderes Icon, was vor allem für den visuell ausgerichteten Lernenden eine zusätzliche Lernhilfe sein kann.

Zu Beginn der Lerneinheit werden Lernziele formuliert, welche die Lernenden mithilfe des Kapitels erreichen können sollen.

Mithilfe dieses Kapitels sollen Sie:

- den Mechanismus der Halogenaddition an Doppelbindungen kennen lernen.
- die Begriffe Halonium-Ion, π -Komplex, σ -Komplex, Carbokation und Rückseitenangriff richtig benutzen können.
- die Stereochemie dieser Reaktion untersuchen.
- wichtige Anwendungen der Halogenaddition im Labor und in der Industrie nennen können.

Voraussetzungen:

- Kenntnisse über die Stoffgruppen der Halogenalkane und Alkene.
- Grundbegriffe der Stereochemie, wie z.B. *cis*- und *trans*-Verbindung, absolute Konfiguration und Fischer-Projektion

Abbildung 28: Lernziele des Kapitels

Die Formulierung der Lernziele richtet sich nach der Bloom'schen Lernzieltaxonomie⁹³ und beinhaltet ausschließlich kognitive Lernziele. Psychomotorische oder affektive Lernziele konnten aufgrund der Kapitelstruktur sowie der vermittelten Inhalte nicht berücksichtigt werden. Die Angabe der Lernziele hat das Ziel, Lernenden eine Orientierung zu geben und die an sie gestellten Anforderungen offen zu legen. Zusätzlich werden die nötigen Voraussetzungen angegeben, die zum Verständnis der Lerneinheit erforderlich sind.

Im Anschluss an die Lernziele können sich die Lernenden auf einer Einführungsseite über die folgenden Inhalte grob informieren. Auf diese Weise soll ein roter Faden durch das Kapitel sichtbar gemacht und verdeutlicht werden, welche verschiedenen Aspekte für das Verständnis der Halogenaddition wesentlich sind.

Die Thematik der Halogenaddition an Doppelbindungen beinhaltet sowohl eine mechanistische als auch eine stereochemische Komponente, die zentrale Inhalte des Kapitels sind und direkt auf die einleitende Seite folgen. Beide Teilkapitel gehen vom Einfachen zum Schweren und legen einen Schwerpunkt auf die Visualisierung der jeweils beschriebenen Vorgänge. Überall dort, wo es um die Veranschaulichung zeitlicher Abläufe wie eine Reaktion oder um wichtige räumliche Aspekte ging, wurden Animationen und dreidimensionale Darstellungen eingesetzt. Bei den Texten wurde auf eine für Studienanfänger möglichst einfach zu verstehende Sprache Wert gelegt. Potentiell neue Begriffe werden im Textverlauf erklärt, der Satzbau wurde einfach gehalten und stark verschachtelte Sätze vermieden. Textabschnitte und dazugehörige Abbildungen wurden in große räumliche Nähe zueinander gebracht. Bei schmalen Abbildungen wurden Text und Bild direkt neben einander angeordnet, bei etwas breiteren Abbildungen das Bild stets unter den dazugehörigen Text gesetzt. Bei der Gestaltung der Abbildungen, auf denen im Wesentlichen Reaktionen oder Verbindungen dargestellt sind, wurde sowohl auf möglichst große Übersichtlichkeit als auch auf Konsistenz mit dem Textinhalt geachtet.

Der Mechanismus der Halogenaddition wird zunächst in herkömmlicher Weise mithilfe von Text und Abbildungen beschrieben, um eine Anknüpfung

an die bekannten Darstellungsformen zu erhalten. Dann folgt eine Animation der Reaktion in zweidimensionaler Darstellungsweise.

In dieser Animation ist das Entstehen der graphischen zweidimensionalen Darstellung des Reaktionsmechanismus veranschaulicht. Die Lernenden können auf diese Weise das Entstehen des auf der vorherigen Seite gezeigten Reaktionsmechanismus direkt verfolgen und mitdenken. Gleichzeitig bleibt die Animation mit der statischen Reaktionsgleichung durch die bekannte zweidimensionale Darstellungsweise der Verbindungen verknüpft.

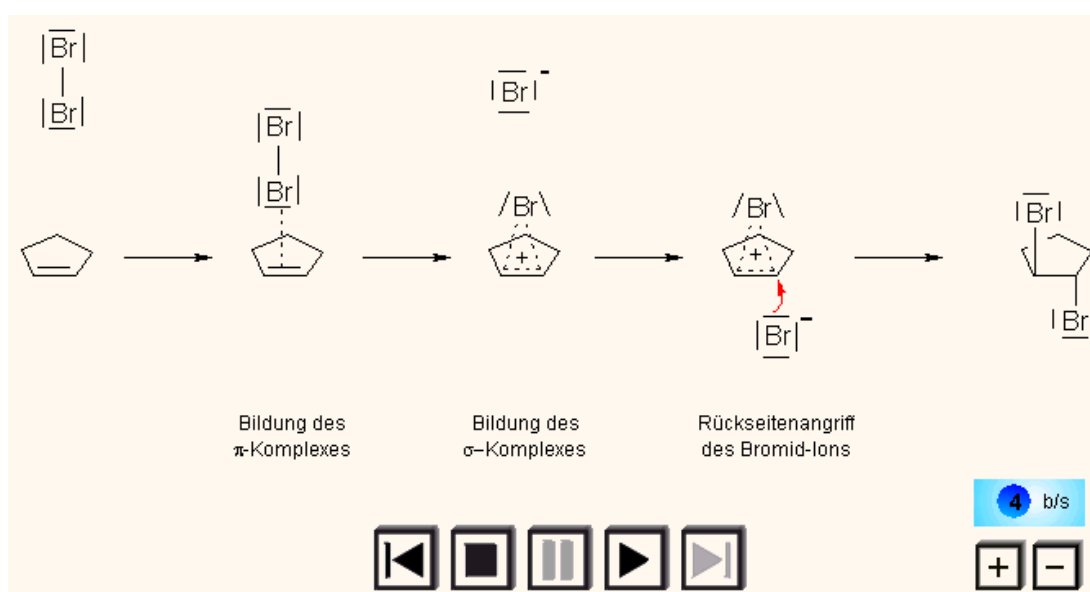


Abbildung 29: 2D-Animation aus dem Kapitel „Halogenaddition“

Die 2D-Animation ist in ihren Funktionalitäten stark auf den Benutzer ausgerichtet. Jeder Abschnitt der Reaktion kann separat betrachtet werden, und die Lernenden können Abschnitte überspringen, die sie sich nicht ansehen wollen. An jeder Stelle kann die Animation angehalten werden, und zusätzlich ist die Abspielgeschwindigkeit der Animation individuell veränderbar. Nach jedem Teilschritt wird die Animation automatisch angehalten, damit die Lernenden selbst entscheiden können, wann sie den nächsten Teil sehen wollen. Durch diese Maßnahmen wird auf das individuelle Lerntempo der Lernenden Rücksicht genommen.

Nach der 2D-Animation folgt eine dreidimensionale Animation (3D-Animation) der Addition von Brom an Cyclopenten. Hier ändert sich die

Darstellung der Verbindungen, da bei der 3D-Animation das Plugin Chime verwendet wird. Der Vorteil der dreidimensionalen Darstellung besteht zum einen in der Möglichkeit, sich die Reaktion aus jedem beliebigen Blickwinkel anzuschauen. Zum anderen können durch die Dreidimensionalität Aspekte veranschaulicht werden, die bei zweidimensionaler Darstellung nicht berücksichtigt werden können. So kann man bei der Halogenaddition erkennen, warum der Angriff der Bromid-Ions an den Sigma-Komplex von der Rückseite her erfolgen muss und eine *anti*-Addition stattfindet.

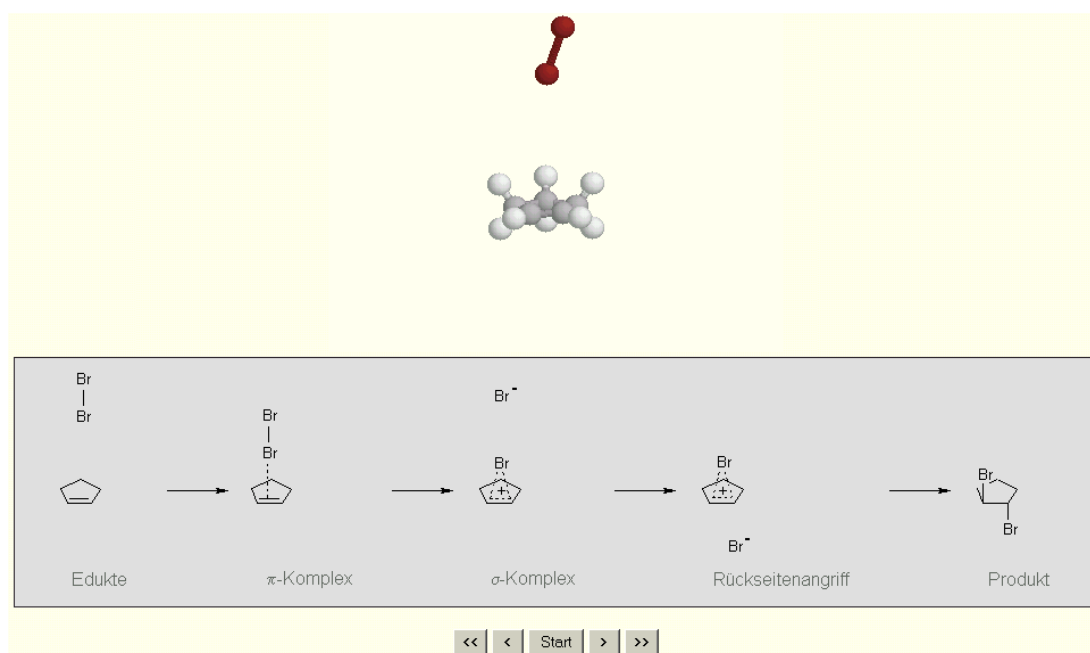


Abbildung 30: 3D-Animation aus dem Kapitel „Halogenaddition“

Als dreidimensionale Darstellung der Verbindungen wurde das Kugelstab-Modell gewählt, da zu erwarten ist, dass viele Probanden diese Darstellungsform bereits durch die Arbeit mit Modellbaukästen kennen. Hinzu kommt, dass beim Kugelstab-Modell die Atome hervorgehoben werden, was bei der Darstellung einer Reaktion, bei der Atome an eine Verbindung addiert werden, nur von Vorteil sein kann. Die 3D-Animation wurde bewusst hinter die 2D-Animation gestellt, weil so eine Abstufung nach steigender Abstraktion aufgebaut und somit das allgemeine methodische Prinzip einer Anordnung vom Anschaulichen (Bekannten) zum Abstrakten eingehalten wird. Die Probanden werden so allmählich mit einer Darstellungsform konfrontiert, die von der bekannten statischen, zweidimensionalen

Darstellung aus den Lehrbüchern relativ weit entfernt ist. Um den Sprung in der Abstraktion nicht zu groß werden zu lassen, wurden die Strukturformeln der Edukte, des Produkts sowie des Pi- und Sigma-Komplexes unter der dreidimensionalen Darstellung eingefügt.

Die Strukturformeln sind nicht nur eine Verknüpfung zur zweidimensionalen Darstellung der Verbindungen, sondern zugleich auch Steuerungselement. Klickt man auf eine Strukturformel, so wird die zugehörige dreidimensionale Struktur im oberen Fenster angezeigt. Bei Ablauf der Animation wird wie bei der 2D-Animation bei den Übergangszuständen oder Zwischenstufen (je nach Reaktion) angehalten; gleichzeitig wird die Struktur, bei der man sich gerade befindet, rot umrahmt. Wie bei der 2D-Animation kann man auch hier einzelne Schritte überspringen oder sich wiederholt anschauen sowie zu jeder Zeit die Animation anhalten.

Das zweite Teilkapitel beschäftigt sich mit der Stereochemie der Halogenaddition. Viele Studenten haben gerade in diesem Bereich Verständnisprobleme, weil die Beschränkung auf zwei Dimensionen der Thematik nicht gerecht werden kann und viele Lernende Probleme haben, sich die Verbindungen räumlich vorzustellen. Deshalb wurde in diesem Abschnitt besonderen Wert auf die räumliche Ansicht der Strukturen gelegt, damit die Stereochemie sachgerecht visualisiert werden kann. Ausgehend von der konkreten Reaktion der Bromaddition an *cis*- und *trans*-2-Buten werden sehr früh räumliche Darstellungen der Verbindungen mit deren Strukturformeln kombiniert, um an Bekanntes anzuknüpfen. Im weiteren Verlauf wird auf die Strukturformel verzichtet, da davon auszugehen ist, dass die Lernenden vertrauter mit der neuen räumlichen Darstellung sind.

Eine spezielle Form der Strukturformel, die Fischer-Projektion, stellt die absolute Konfiguration einer optisch aktiven Verbindung dar. Sie wird in diesem Kapitel benutzt um zu bestimmen, ob es sich bei den Produkten der Reaktionen um unterschiedliche oder gleiche Verbindungen handelt. Die Bildung der Fischer-Projektion wird für alle vier entstehenden Dihalogenalkane sowohl als 2D- wie auch als 3D-Animation angeboten, wobei die 2D-Animationen wie bei der Vermittlung des Mechanismus den 3D-Animationen vorangestellt sind.

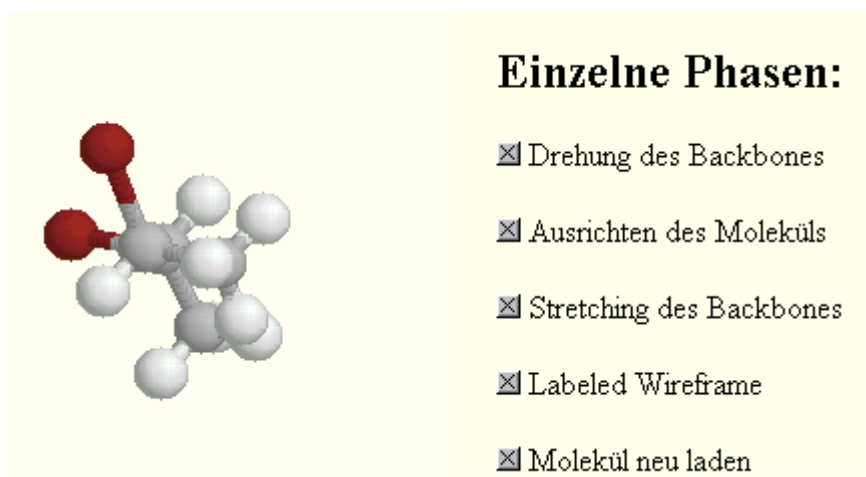


Abbildung 31: 3D-Animation zur Fischer-Projektion

Nachdem die Stereochemie der Addition von Brom an *cis*- und *trans*-2-Buten ausführlich dargestellt wurde, folgt am Ende dieses Abschnittes eine zusammenfassende Seite, auf der die beiden Additionen einander gegenübergestellt werden. Auch hier liegt der Schwerpunkt auf dynamischen und räumlichen Darstellungen.

Der letzte Abschnitt des Kapitels behandelt die wichtigsten fünf Anwendungen der Halogenaddition in der Industrie und im Labor. In der Industrie werden mithilfe der Halogenaddition unter anderem Chloroprenkautschuk, Trichlorethen und Vinylchlorid hergestellt. Laboranwendungen dieser Reaktion sind zum Beispiel die Bestimmung der Iodzahl von Fetten oder der Nachweis von Doppelbindungen in einer organischen Verbindung. Für die letztgenannte Anwendung wurde ein kleiner Film gedreht, der die Entfärbung von Bromwasser durch Cyclohexen zeigt. Durch einen kleinen Schieber kann man den Film an jede gewünschte Stelle vor- und zurückspulen oder auch durch einen kombinierten Start/Pause-Knopf anhalten und weiter abspielen lassen.

Nach den Anwendungen ist der inhaltliche Teil des Kapitels abgeschlossen, und es folgen die Übungsaufgaben. Bei den Aufgaben wurde von der technischen Seite darauf geachtet, dass alle konzeptionell behandelten Aufgabentypen mindestens einmal benutzt werden. Inhaltlich beschäftigen sich die Aufgaben mit allen drei Bereichen (Mechanismus, Stereochemie, Anwendung) der Halogenaddition. Das Anforderungsniveau liegt dabei im

reproduktiven Bereich und im Anwendungsbereich. Ein Silbenrätsel fragt bereichsübergreifend die wichtigsten Begriffe, die im Zusammenhang mit der Halogenaddition an Doppelbindungen stehen, ab.

7.4 Aufbau des Fragebogens

Der Untersuchung liegen zwei zentrale Fragestellungen zu Grunde:

Aufbau der Lerneinheit: Ist der Aufbau der Lerneinheit geeignet, um eigenständiges Lernen zu ermöglichen?

Konzept der Lernkontrolle: Ist die Aufgabengestaltung geeignet, um eigenständiges Kontrollieren des Gelernten durch Reproduktion und Anwendung zu gewährleisten?

Der Fragebogen gliedert sich in drei Abschnitte. Zunächst werden Fragen zum Aufbau und didaktischen Design der Lerneinheit sowie zur Textverständlichkeit und Einsatz von Animationen gestellt. Daran schließen sich Fragen zur Gestaltung und Funktionalität der Aufgaben an; dieser Teil evaluiert das entwickelte Aufgabenkonzept. Der letzte Teil beschäftigt sich mit der Einstellung der Probanden zum Computer.

Die Fragen wurden bewusst für die Probanden sichtbar in diese drei Abschnitte geteilt und nicht vermischt gestellt, um eine Transparenz herzustellen und deutlich zu machen, zu welchen Bereichen sie befragt werden. Die Skala wurde in fünf Schritte unterteilt, um auch die Möglichkeit zu bieten, eine neutrale Antwort zu geben. Die Gefahr, dass die Probanden bei diesem Angebot tendenziell die Mitte ankreuzen und sich nicht auf eine positive oder negative Richtung festlegen, wird nicht gesehen, da den Probanden deutlich gemacht wurde, dass sie durch den Fragebogen aktiv an der Gestaltung der Übungsaufgaben hinsichtlich der Funktionalität mitwirken können.

7.4.1 Aufbau der Lerneinheit

Der erste Teil des Fragebogens beinhaltet Items zur Textverständlichkeit sowie zu den Elementen der Lerneinheit. Sie sollen Erkenntnisse darüber liefern, inwiefern die Lerneinheit überhaupt geeignet ist, sich die dargestellten Inhalte anzueignen. Die Items zu den Animationen sollen klären, ob die Einbindung von Animationen prinzipiell positiv beurteilt wird und ob die Gestaltung der eingebundenen Animationen für die Probanden eine Hilfe sind, den Mechanismus zu verstehen. Ebenso sollen die Probanden Auskunft darüber geben, ob der Einsatz von Lernzielen in ihren Augen wichtig ist oder nicht. Die Items nach fehlenden Inhalten (Fragen 14 bis 16) sind in freier Form gehalten, um den Probanden eine individuelle Antwort zu ermöglichen.

Die Ergebnisse dieses ersten Teils sind wesentlich für die Beurteilung der Antworten des zweiten Teils, denn aus einer schlechten Darstellung und Verständlichkeit folgen Probleme bei der Bearbeitung der Aufgaben, die sich auf die Beurteilung im Fragebogen niederschlagen.

7.4.2 Lernkontroll-Konzept

Im zweiten Abschnitt des Fragebogens wird untersucht, ob das Konzept in sich schlüssig und geeignet ist, selbstständig das neu erworbene Wissen in den Bereichen Reproduktion und Anwendung zu kontrollieren. Zu diesem Zweck werden insgesamt elf Items zu den Aufgabentypen und ihren Funktionalitäten nach zwei Gesichtspunkten gestellt. Bei den Items bezüglich der Aufgabentypen soll ermittelt werden, ob Aufgaben mit automatischer Kontrolle prinzipiell gewünscht sind und ob die unterschiedlichen Aufgabentypen als sinnvoll erachtet werden. Der zweite Gesichtspunkt betrachtet die implementierten Funktionalitäten (Hilfestellungen, Korrekturmöglichkeit, Rückmeldung, Lösungsanzeige) und soll dazu dienen, subjektive Eindrücke und Meinungen über diese zu erhalten. Die Ergebnisse werden dann dazu dienen, Verbesserungen am Konzept vorzunehmen.

7.4.3 Lernen mit dem Computer

Die Einstellung zum Lernen mit dem Computer ist ein wichtiger Aspekt, denn sie beeinflusst unter Umständen die Beantwortung der Items der ersten beiden Abschnitte. Probanden, die nicht gerne mit dem Computer arbeiten oder Schwierigkeiten im Umgang mit dem Gerät haben, werden nicht so gut mit der Lerneinheit arbeiten können wie Probanden, die geübte Computerbenutzer sind. Zur Überprüfung der Einstellung wurden neben affektiven Items (emotionale Einstellung zum Computer) auch Items zur Einbindung von dynamischen und räumlichen Darstellungen gestellt, die wie bereits erläutert den großen Vorteil des Lernens mit dem Computer ausmachen. Probanden, die solche Darstellungen als nicht hilfreich und sinnvoll erachten, werden dies in den vorherigen Abschnitten in gleicher Weise beantwortet haben, unter anderem bei den Items 13 und 11. Die Antworten zu diesem Abschnitt dienen somit der besseren Bestätigung der Antworten der ersten beiden Abschnitte.

7.5 Ergebnisse der Untersuchung

7.5.1 Aufbau der Lerneinheit

Zur Itembewertung wurden zunächst die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) sowie die Schiefe der Verteilung ermittelt. Die Werte für den ersten Abschnitt des Fragebogens können Tabelle 7 entnommen werden.

Die Textverständlichkeit wird insgesamt als gut bis sehr gut eingestuft. Text und Abbildungen bilden eine Einheit (Item 5), die Texte sind übersichtlich sowie verständlich und nicht angefüllt mit unbekannten Fremdwörter (Items 1, 2 und 4). Die Ausgewogenheit zwischen Text und Abbildungen ist ebenfalls gelungen (Item 6). Bei allen genannten Items fällt die geringe Standardabweichung auf, die Probanden haben demnach eine vergleichbare Meinung zur Textverständlichkeit. Der Schwierigkeitsgrad wird von den

Probanden tendenziell als eher leicht angesehen (MW 2,68). Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass sie bereits über Vorwissen verfügen.

	Nennungen						
	Angaben in Prozent						
Item	MW	SD	5	4	3	2	1
1) Die Erklärungen, die der Text liefert, sind gut verständlich und nachvollziehbar.	4,50	0,51	50	50			
2) Die Anzahl der Fremdwörter war zu hoch, man konnte den Text deswegen nicht gut verstehen.	1,09	0,29				9,1	90,9
3) Das Kapitel war inhaltlich für mich... zu schwer (5) / angemessen (3) / zu leicht (1)	2,68	0,48			68,2	31,8	
4) Der Text ist übersichtlich gestaltet.	4,50	0,91	63,6	31,8	4,5		
5) Die Bilder veranschaulichen den im Text beschriebenen Sachverhalt gut.	4,59	0,59	63,6	31,8	4,5		
6) Es sind zu viele Abbildungen im Kapitel vorhanden.	1,18	0,39				18,2	81,8
7) Die Farbgestaltung der Seiten empfinde ich als angenehm.	4,04	1,04	36,4	45,5	9,1	5,4	4,5
8) Die Angabe der Lernziele war für mich hilfreich.	3,68	0,99	27,3	22,7	40,9	9,1	
9) Die Lernziele anzugeben halte ich für nicht erforderlich.	1,73	0,88		4,5	13,6	31,8	50
10) Die Steuerung der Animationen war intuitiv.	3,86	0,94	27,3	40,9	22,7	9,1	
11) Ich habe durch die Animationen den Sachverhalt besser verstanden.	3,91	0,81	22,7	50	22,7	4,5	
12) Die Animationen haben mich verwirrt.	1,27	0,70		4,5		18,2	77,3
13) Die Animationen sind überflüssig.	1,27	0,55			4,5	18,2	77,3

Tabelle 7: Ergebnisse zum Aufbau der Lerneinheit; N = 22, 5 = trifft voll zu, 1 = trifft nicht zu

Die Farbgestaltung des Vernetzten Studiums wird als angenehm empfunden (MW 4,04). Die Grundlagen des didaktischen Designs bezüglich der Farbgestaltung einer Benutzeroberfläche (heller Hintergrund bei den Inhalten, etwas dunklerer in der Navigation) bestätigen sich somit auch in dieser Untersuchung.

Die Angabe der Lernziele wird positiv beurteilt. Die Fragen 8 und 9 korrelieren auf einem 1 %-Niveau mit einem Wert von $r = 0,646$. Damit wird die Angabe von Lernzielen zu Beginn einer Lerneinheit als strukturierendes Element (Aufzeigen eines roten Fadens) gerechtfertigt.

Die Antworten bezüglich der Animationen (Items 10 bis 13) liefern ebenfalls eine positive Rückmeldung der Probanden. Die Fragen 10 und 12 korrelieren

signifikant mit $r = -0,517$ auf einem 5 %-Niveau. Das bedeutet, dass die Gestaltung der Navigation durch die Adaption eines CD-Players gelungen ist. Die Korrelation zwischen Item 11 und Item 13 ist mit schwach negativ ($r = -0,368$). Daraus folgt, dass für die Probanden Animationen eine sinnvolle Ergänzung sind, die das Verstehen vor allem von zeitabhängigen Sachverhalten erleichtern.

Die Auswertung der freien Items (Item 14 bis 16) liefern Hinweise auf gewünschte Verknüpfungen der Halogenaddition mit weiteren Lerneinheiten des Vernetzen Studiums. Die sieben Probanden, die sich bei diesen Items äußerten, vermissten im inhaltlichen Bereich

- mehr Inhalte der Stereochemie; Fischer-Projektion, R/S-Nomenklatur (3 Nennungen)
- Erläuterungen zur Kinetik/Energetik des Mechanismus (1 Nennung),
- mehr industrielle Anwendungsbezüge, Syntheseverfahren, weitere wichtige Additionsreaktionen (je 1 Nennung).

Die häufige Nennung von stereochemischen Aspekten lässt darauf schließen, dass bei der Veranschaulichung räumlicher Aspekte bei den Studierenden großer Nachholbedarf besteht. Es bestätigt sich also, dass die Studierenden vor allem Probleme im räumlichen Vorstellungsvermögen haben. Durch die Präsentation dieser Inhalte durch den Computer erhoffen sie sich, diese Probleme zu verringern oder zu beheben.

Ein Proband vermisste historische Bezüge. Er war sich aber nicht sicher, ob es solche Bezüge bei der Halogenaddition gibt. Generell sollte bei der Entwicklung der Wissensmodule des Vernetzen Studiums dieser Wunsch auf jeden Fall beachtet werden.

Insgesamt wurde die Gestaltung der Lerneinheit positiv beurteilt. Das Kapitel „Addition von Halogenen an Doppelbindungen“ ist also zum selbstständigen Erarbeiten der präsentierten Inhalte geeignet.

7.5.2 Lernkontroll-Konzept

Bei der Auswertung der Items zum Lernkontrollkonzept ergab sich nicht immer ein so eindeutiges Bild wie bei der Beurteilung der Lerneinheit.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Items können Tabelle 8 entnommen werden. Wo erforderlich, werden zusätzlich weitere statistische Auswertungsmethoden durchgeführt.

Item	Nennungen						
	Angaben in Prozent						
	MW	SD	5	4	3	2	1
17) Die Fragen helfen mir, das Gelesene zu wiederholen.	4,36	0,58	40,9	54,5	4,5		
18) Multiple-Choice-Aufgaben reichen mir, ich brauche keine weiteren Aufgabentypen.	1,23	0,53			4,5	13,6	81,8
19) Aufgabenstellungen ohne Kontrolle, wie in Büchern, sind ausreichend.	1,54	0,96		9,1	4,5	18,2	68,2
20) Ich halte Aufgaben beim Lernen mit dem Computer für überflüssig.	1,50	0,96	4,5		4,5	22,7	68,2
21) Die Interaktivität der Aufgaben motiviert mich, diese zu bearbeiten.	3,77	1,27	36,4	27,3	22,7	4,5	9,1
22) Ich habe genauere Hilfestellungen vermisst.	1,68	0,84		4,5	9,1	36,4	50
23) Hilfestellungen, die mir helfen, selber die richtige Lösung zu finden, halte ich für sinnvoll.	3,91	1,27	45,5	18,2	27,3		9,1
24) Die direkte Rückmeldung zu der Bearbeitung der Aufgabe ist hilfreich.	4,68	0,57	72,7	22,7	4,5		
25) Eine Prozentangabe über den Anteil der richtigen Lösungen ist meiner Meinung nach nicht ausreichend, ich erwarte eine genauere Rückmeldung.	2,05	1,12		13,6	18,2	22,7	40,9
26) Ich finde es besser, wenn ich mich bei den Aufgaben noch einmal korrigieren kann und nicht sofort die richtige Antwort präsentiert bekomme.	3,64	1,43	31,8	40,9		13,6	13,6
27) Die direkte Rückmeldung über die Bearbeitung der Aufgabe frustriert mich.	1,36	0,66			9,1	18,2	72,7
28) Die Lösung der Aufgabe sollte immer anzeigbar sein.	2,50	1,53	9,1	27,3	13,6	4,5	45,5

Tabelle 8: Ergebnisse zum Lernkontroll-Konzept; N = 22, 5 = trifft voll zu, 1 = trifft nicht zu

Die Items 17 bis 20 fragen die allgemeine Einstellung zur Lernkontrolle mit dem Computer ab. Die Einbindung von Aufgaben mit Kontrollfunktion wird ausdrücklich gewünscht (Item 19, MW = 1,54 und Item 20, MW = 1,5). Der Einsatz von Aufgaben zur ersten Sicherung des Gelesenen wird unterstützt (Item 17, MW 4,36), genauso wie die Verwendung unterschiedlicher Aufgabentypen (Item 18, MW 1,23). Die Items korrelieren auf einem 5 %-

Niveau (zweiseitig) mit $r = -0,437$. Die Korrelationen von Item 17 und Item 20 ($r = -0,510$ auf 5 %-Niveau), Item 17 und Item 21 ($r = 0,440$ auf 5 %-Niveau) sowie Item 18 mit Item 20 ($r = 0,608$ auf 1 %-Niveau) unterstreicht die Forderung der Probanden nach der Einbindung von Aufgaben in die Lerneinheit. Alleine die Interaktivität der Aufgaben wird scheinbar nicht als besonders motivierend angesehen. Die Standardabweichung und Schiefe ($-0,91$) zeigen, dass hier die Meinungen der Probanden relativ stark auseinander gehen. Eine Ursache liegt darin, dass zwei Probanden im dritten Abschnitt des Fragebogens erklärt haben, dass sie nicht gerne mit dem Computer arbeiten, und hier „trifft nicht zu“ angekreuzt. Ohne diese Antworten ergeben sich eindeutiger Werte: MW 4,05; SD 0,94. Durch diese Bereinigung lässt sich der motivationale Charakter der Interaktivität deutlicher erkennen. Die Korrelationen von Item 21 und Item 20 mit $r = 0,681$ auf 1 %-Niveau sowie Item 21 und Item 18 ($r = -0,487$ auf 5 %-Niveau) unterstreichen dies zusätzlich.

Die Gestaltung der Hilfen (Items 22 und 23) wird in der konzipierten Form (strategische Hilfen) angenommen und als sehr gut beurteilt (MW 1,68 bzw. 3,91). Die Einbindung von strategischen statt inhaltlichen Hilfen hat sich als richtig erwiesen.

Die Items bezüglich der Rückmeldung (Items 24, 25 und 27) haben gezeigt, dass deren Einbindung als hilfreich für das Lernen angesehen wird (MW 4,68; SD 0,57). Sie wirkt in den Augen der Probanden auch nicht frustrierend (MW 1,36; SD 0,66), was einen negativen Einfluss auf den Lernfortschritt hätte. Steigt die Frustration bei der Aufgabenbearbeitung, so werden nach einer gewissen Zeit keine Aufgaben mehr bearbeitet. Somit wäre das Konzept, das eine Unterstützung des Lernens sein soll, an dieser Stelle noch zu überarbeiten gewesen. Die Korrelation von Item 27 und Item 20 ($r = 0,451$ auf 5 %-Niveau) kann so gedeutet werden, dass die Probanden davon ausgehen, dass eine Rückmeldung beim Lernen mit dem Computer nicht individuell auf sie zugeschnitten sein kann und deswegen allgemeinere Rückmeldungen („Richtig!“ oder „Leider nur teilweise richtig.“) enthalten sein können. Durch dieses Wissen entsteht bei den Probanden keine Frustration, wenn sie negative Rückmeldungen erhalten sollten.

Bei der Art der Rückmeldung (Item 25) reicht es augenscheinlich für die Probanden aus, prozentuale Angabe über den Anteil der richtigen Lösungen zu erhalten (MW 2,05). Die Aufgaben waren so gestaltet, dass zum Beispiel bei den Lückentexten falsche Antworten rot hinterlegt und zusätzlich der Anteil an falschen Lösungen angezeigt wurde. Bei der Eingabe der richtigen Lösung sowie der Lösungsanzeige wurde bei allen Aufgaben (außer dem Silbenrätsel) zudem erläutert, warum diese Lösung richtig ist. An dieser Stelle muss leider festgestellt werden, dass der Fragebogen die Gestaltung der Rückmeldung nicht genau genug evaluiert hat. Es bleibt also zu überlegen, ob bei einfachen Aufgaben die Formulierung eines einzelnen erläuternden Textes für die Lösungsanzeige ausreicht und nur bei anspruchsvolleren Aufgaben zu jeder Antwortmöglichkeit eine Rückmeldung hinterlegt wird.

Die übrigen Items dieses Abschnitts (Item 26 und Item 28) fragen die Korrekturmöglichkeit sowie die Lösungsanzeige ab. Die Probanden begrüßen die Korrekturmöglichkeit (MW 3,64; SD 1,43). Hier fällt wieder die große Standardabweichung auf, da vier Probanden ausgesagt haben, dass sie sich nicht korrigieren wollen, sondern gleich die richtige Lösung sehen möchten. Der überwiegende Teil der Probanden will sich jedoch korrigieren können, weshalb diese Funktion auf jeden Fall beibehalten werden sollte. Diejenigen, die sich nicht korrigieren möchten, haben jederzeit die Möglichkeit, sich die Lösung anzeigen zu lassen.

Bei der Lösungsanzeige zu jedem Zeitpunkt sind sich die Probanden uneinig gewesen. Der Mittelwert liegt mit 2,5 etwa in der Mitte, und die Standardabweichung ist mit 1,53 relativ groß. Die Kurtosis (-1,66) zeigt, dass die Antworten nicht normalverteilt sind. Die Betrachtung der Nennungen zeigt, dass die Hälfte der Probanden einer Lösungsanzeige, die immer zur Verfügung steht, ablehnend gegenüberstehen. Drei Probanden haben sich nicht festgelegt, und acht Probanden wollen die Möglichkeit haben, sich zu jeder Zeit die Lösung anschauen zu können.

Die Lösungsanzeige sollte bei dem beschriebenen nicht eindeutigen Meinungsbild beibehalten werden. Diejenigen, die eine Lösungsanzeige wünschen, behalten diese Funktion. Lernende, die keinen Wert auf die

Lösungsanzeige legen, brauchen sie nicht zu nutzen. Es gäbe zwar die Möglichkeit, den „Lösung anzeigen“-Knopf erst nach der ersten Auswertung der Aufgabe zu aktivieren. Dies entspräche jedoch nicht dem Prinzip der vollen Kontrolle des Benutzers über das Programm, da die Lernenden gezwungen werden, die Aufgabe zu bearbeiten, auch wenn sie nur die Lösung wissen wollen. Die Verantwortung für den eigenen Lernprozess darf nicht vom Lernenden auf das Programm übergehen.

Am Ende dieses Abschnitts hatten die Probanden die Gelegenheit, Verbesserungsvorschläge zum Lernkontrollkonzept zu machen. Diese Gelegenheit wurde jedoch von niemandem in Anspruch genommen.

7.5.3 Lernen mit dem Computer

Die Ergebnisse zum letzten Abschnitt des Fragebogens fasst Tabelle 9 zusammen:

Item	Nennungen						
	Angaben in Prozent						
	MW	SD	5	4	3	2	1
29) Den Inhalt durch den Computer präsentiert zu bekommen hat mich motiviert.	3,64	0,90	18,2	36,4	36,4	9,1	
30) Ich arbeite lieber mit Büchern.	3,50	1,22	22,7	31,8	27,3	9,1	9,1
31) Ich kann mir vorstellen, regelmäßig mit dem Computer zu lernen.	3,32	1,39	27,3	18,2	27,3	13,6	13,6
32) Die Möglichkeit der dynamischen Darstellung erleichtert das Verstehen.	4,32	0,89	59,1	13,6	27,3		
33) Die räumlichen Darstellungen haben mir beim Verstehen der Inhalte geholfen.	4,18	1,05	54,5	18,2	18,2	9,1	
34) Es macht mir Spaß, mit dem Computer zu arbeiten.	3,68	1,32	31,8	31,8	22,7		13,6

Tabelle 9: Ergebnisse zum Lernen mit dem Computer; N = 22, 5 = trifft voll zu, 1 = trifft nicht zu

Die Einstellung zum Lernen mit dem Computer wurde durch die Items 29, 30, 31 und 34 untersucht. Der Computereinsatz hat durchaus einen positiven Einfluss auf die Motivation der Probanden (MW 3,64). Die positiven Korrelationen (siehe Tabelle 10) der Items 29, 31 und 34 zeigen, dass der Computereinsatz nicht nur eine Motivation darstellt, sondern die Arbeit mit

dem Computer auch Spaß macht. Daraus folgt auch, dass die Probanden regelmäßig mit dem Computer lernen würden, was die positive Korrelation bestätigt.

Viele Probanden gaben an, lieber mit Büchern zu arbeiten (MW 3,50); dieses Item korreliert zudem negativ mit Item 29 und 31. Diejenigen, die lieber mit Büchern arbeiten, werden demnach nicht durch den Computereinsatz motiviert, und sie können sich auch dessen regelmäßige Benutzung beim Lernen nicht vorstellen.

Bei der Frage, ob die Probanden sich vorstellen könnten, regelmäßig mit dem Computer zu arbeiten, wurde kein eindeutiges Ergebnis erzielt. Rund 27 Prozent verneinen diese Aussage, der gleiche Teil hat keine eindeutige Meinung, und 45,5 Prozent bejahen die Aussage. Dieser Item korreliert jedoch - wie bereits erwähnt - positiv mit Item 29 und 34, was den positiven Einfluss des Computereinsatzes für diejenigen, die eine bejahende Einstellung zum Computer besitzen, unterstreicht.

	Frage 29	Frage 30	Frage 31	Frage 34
Frage 29	1,000	-0,733**	0,740**	0,616**
Frage 30	-0,733**	1,000	-0,739**	-0,279
Frage 31	0,740**	-0,739**	1,000	0,548**
Frage 34	0,616**	-0,279	0,548**	1,000

Tabelle 10: Korrelationen r der Items 29, 30, 31 und 34

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Bei der Betrachtung der partiellen Korrelationen konnte festgestellt werden, dass die Werte der Korrelationen sich nur geringfügig ändern und somit erhalten bleiben.

	Frage 29	Frage 30		Frage 29	Frage 34
Frage 29	1,000	- 0,5458	Frage 29	1,000	0,5244
Frage 30	- 0,5458	1,000	Frage 34	0,5244	1,000
Kontrollvariablen: Frage 31 und Frage 34			Kontrollvariablen: Frage 30 und Frage 31		

Tabelle 11: partielle Korrelation

Aus den Ergebnissen lässt sich insgesamt schließen, dass für die Probanden der Computer nicht mehr das „non plus ultra“ der zur Verfügung stehenden

Medien ist, sondern eines unter vielen. Die Vorteile, die der Einsatz des Computers mit sich bringt - dynamische und räumliche Darstellungen - werden als Erleichterung und Hilfe beim Verständnis der Inhalte gesehen (Item 32 und 33). Doch auch die Nachteile der Computernutzung im Vergleich zur Verfügbarkeit von Büchern sind den Probanden durchaus bewusst. Diese Einstellung wurde auch bei den Beobachtungen während der Untersuchung (siehe 8.4.5) sowie durch Äußerungen der Probanden im Anschluss an die Bearbeitung der Halogenaddition deutlich.

7.5.4 Beobachtungen

Während die Probanden am Computer arbeiteten, konnten verschiedene Beobachtungen gemacht werden, die zusätzlich zum Fragebogen Hinweise auf die Wünsche der Zielgruppe des Projektes zulassen. Diese Beobachtungen sollen in Verbindung mit den schriftlichen und verbalen Äußerungen der Studierenden im Folgenden dargestellt werden.

Alle Probanden navigierten ohne Probleme durch die Seiten. Es fiel auf, dass alle Studenten in einem ersten Durchgang linear durch die Seiten blättern, obwohl sie durch den Verzeichnisbaum am linken Bildschirmrand auch die Möglichkeit hatten, nicht-linear durch das Material zu gehen. Erst nachdem sie das Kapitel einmal durchgelesen hatten, griffen sie mithilfe des Verzeichnisbaumes gezielt auf Seiten zu, die sie sich noch einmal anschauen wollten. Bezüglich der Analyse der Lerngruppe bestätigt sich also die Vermutung, dass die Studierenden mit einem Computer sicher umgehen können, aber noch nicht zum Kreis der fortgeschrittenen Lernenden gehören. Die geschätzte Bearbeitungsdauer von etwa einer Stunde wurde von keinem der Probanden überschritten, auch wenn sie nicht unter Zeitdruck standen; der Umfang der Lerneinheit war demnach nicht zu groß, sondern dem Wissensstand der Lernenden angemessen.

Das große Interesse am computerunterstützten Lernen findet sich auch in den Fragebögen wieder und zeigte sich zudem in den Äußerungen der Probanden:

„Das ist doch mal was Tolles!“

„Gibt es noch mehr Kapitel?“

„Kann man sich das auch schon im Internet anschauen?“

„Wann gibt es das auf CD?“

Diese Beispiele zeigen, dass die Studierenden sehr daran interessiert sind, Lerneinheiten am Computer zu bearbeiten. Vor allem die Begeisterung über die Animationen fand sich oft in den Äußerungen der Studierenden, was auch im Fragebogen entsprechend vermerkt wurde. Es konnte außerdem beobachtet werden, dass sich die Studierenden die Animationen sowohl mehrfach hintereinander als auch nach der Bearbeitung des gesamten Inhaltes und während der Bearbeitung der Aufgaben noch einmal ansahen. Mit der Navigation der Animationen gingen alle Probanden sicher um, womit sich die Adaption der Schalter eines CD-Players als richtig erweist. Bei Steuerung der 3D-Animation traten ebenfalls keine Probleme auf, da hier die Schalter entsprechend ihrer Funktion beschriftet waren.

Bei der Bearbeitung der Aufgaben konnten keine gravierenden Schwierigkeiten von technischer Seite her beobachtet werden. Die ungewohnte Eingabe einer Reaktionsgleichung wurde durch die Anleitung von allen Probanden erfolgreich durchgeführt. Auch bei den Drag&Drop-Aufgaben bereitete es keine Probleme zu erkennen, dass die dargestellten Strukturformeln oder Silben beweglich sind.

Es stellte sich allerdings als Nachteil heraus, dass die Aufgaben nicht in einem neuen Browser-Fenster angezeigt wurden. Sobald die Probanden zurück auf die Inhaltsseiten gingen, um zur Lösung der Aufgabe noch einmal etwas nachzusehen, waren die bis dahin bereits erfassten Lösungsteile bei der Rückkehr zur Aufgabe gelöscht und mussten neu eingegeben werden. Es konnte außerdem beobachtet werden, dass ein Großteil der Probanden bei den Lückentext-Aufgaben die Eingaben korrigieren wollte, die als falsch markiert waren. Hier zeigte sich der durch den Fragebogen geäußerte Wunsch nach einer Korrekturfunktion.

Die Texte hingegen sollten nach Meinung der Probanden kurz gehalten werden („keine Romane“); diese wollen sie weiterhin eher in Büchern lesen. Dies hängt mit den von den Probanden geäußerten Nachteilen beim Arbeiten mit dem Computer zusammen:

„Computer vermitteln oft das Gefühl, dass man sich beeilen muss. Es ist oft nicht so gemütlich wie mit einem Buch.“

„Arbeit am Bildschirm bedeutet große Anstrengung für die Augen.“

„Es bedarf generell einer höheren Konzentration mit dem Computer zu arbeiten/davor zu sitzen.“

Insgesamt gingen alle Probanden mit Begeisterung an die Bearbeitung der Halogenaddition; sie arbeiteten ernsthaft sowohl mit den Inhalten als auch an den Aufgaben.

Das Interesse galt aber nicht nur dem für die Evaluation verwendeten Kapitel, sondern auch dem Projekt insgesamt. Viele Probanden stellten im Anschluss Fragen zum Vernetzten Studium, zum Beispiel ob es schon im Internet oder auf CD-ROM zugänglich sei oder welche Teilbereiche behandelt werden. Hier zeigt sich während der Untersuchung zum wiederholten Male das große Interesse an der Computernutzung als zusätzliches Medium für das selbstständige Lernen.

7.5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die zwei Fragestellungen, die der Untersuchung zu Grund lagen, wurden beide mit positivem Ergebnis evaluiert.

Die Gestaltung der Lerneinheit wurde von den Probanden angenommen. Besonders hervorzuheben ist dabei der Einsatz von Animationen zur Unterstützung des Lernprozesses von dynamischen und räumlichen Sachverhalten. Die Adaption eines CD-Players für die Navigation der Animationen erweist sich als richtig, denn es traten keine Schwierigkeiten bei der Bedienung der Animationen auf. Viele Probanden schauten sich einzelne Abschnitte wiederholt an, was die Akzeptanz dieser Elemente deutlich hervorhebt. Ebenso die Voranstellung von Lernzielen als Orientierungshilfe wurde honoriert. Für viele Probanden stellten sie eine Vorstrukturierung dar, die es ihnen ermöglichte, das Material zielgerichteter zu bearbeiten. Das Anforderungsniveau war jedoch für Lernende, die bereits Grundkenntnisse besitzen, etwas zu gering. Es kann deshalb davon ausgegangen werden, dass es für Lernende ohne Vorkenntnisse fordernd, aber nicht überfordernd gestaltet ist. Die Wünsche der Probanden nach vertiefenden bzw. näher

erläuternden Informationen in den Bereichen Stereochemie und Anwendungen sowie weiteren Additionsreaktionen wird bei der späteren Vernetzung der Lerneinheit im Vernetzten Studium berücksichtigt werden.

Die Konzeption der Lernkontrolle erweist sich durch die Antworten der Probanden als stimmig. Die Einbindung von Aufgaben in eine Lerneinheit und die Verwendung von unterschiedlichen Aufgabentypen haben durch den Fragebogen und die Beobachtungen während der Untersuchung eine so positive Rückmeldung erhalten, dass diese Vielfalt auf jeden Fall beibehalten werden sollte. Die unterschiedliche Gestaltung der Aufgaben durch die Verwendung unterschiedlicher Aufgabentypen verhindert stereotypes Abarbeiten der Aufgaben, und die Abwechslung motiviert immer wieder neu.

Die Korrektur-Funktion fand bei den Probanden besondere Beachtung. Bei den Aufgaben, bei denen noch keine Korrektur möglich war, konnte beobachtet werden, dass viele Probanden sich korrigieren wollten. Dies zeigt zum einen die Ernsthaftigkeit, mit der die Probanden arbeiteten, zum anderen die Wichtigkeit dieser Funktion für ein sinnvolles Lernen.

Die Rückmeldungen erwiesen sich für die Probanden als weniger bedeutend, oft ist schon eine farbliche Markierung der falschen Antworten mit einer prozentualen Angabe der richtigen Lösungen in den Augen der Probanden ausreichend. Ob auch der erläuternde Text bei der Lösungsanzeige als nicht erforderlich angesehen wird, konnte nicht festgestellt werden. Die Erläuterungen sollten trotzdem fester Bestandteil der Aufgaben bleiben, da sie vor allem für nicht geübte Lernende wichtige Informationen enthalten und auf diese Weise auf den Lernprozess korrigierend wirken können. Die strategischen Hilfen werden von den Probanden angenommen, da sie helfen, die Lösung selbstständig zu finden. Die strategischen Hilfen sollten deshalb bei Studienanfängern bevorzugt eingesetzt und auf inhaltliche so weit wie möglich verzichtet werden.

Die Vorteile, die der Computereinsatz bringt - Interaktivität, räumliche und dynamische Darstellungen - werden von den Probanden begrüßt und gerne in Anspruch genommen. Für viele sind diese Aspekte des Computereinsatzes motivierend. Dennoch sehen sie den Computer nicht als „Allheilmittel“, sondern als weiteres Lernmedium, das einen gleichwertigen

Platz neben den anderen Medien einnimmt. Texte werden weiterhin gerne in Büchern gelesen, und die Probanden wollen zusätzlich die Vorteile des Computers bei den Visualisierungsmöglichkeiten nutzen.

7.6 Empfehlungen für das Vernetzte Studium

Die Ergebnisse der Untersuchung haben die Wünsche und Bedürfnisse von Studierenden, die computerunterstützt lernen, aufgezeigt. Die daraus folgenden Konsequenzen für die Gestaltung der Lerneinheiten im Vernetzten Studium werden im Folgenden erläutert.

Die Angabe von Lernzielen hat sich in der Untersuchung als positiv herausgestellt und sollte in jedem Fall weiter praktiziert und somit fester Bestandteil einer Lerneinheit werden. Sie dienen im Wesentlichen einer Orientierung und Vorstrukturierung für die Lernenden und helfen ihnen, den roten Faden der Lerneinheit zu erkennen.

Im Bereich der Lernkontrolle lässt sich feststellen, dass die Studierenden nach der Bearbeitung einer Lerneinheit in einer Phase der Wiederholung und Anwendung selbstständig überprüfen wollen, ob sie die vermittelten Inhalte verstanden haben. Ausgehend von dieser ersten Lernkontrolle können sie ihr weiteres Vorgehen - zum Beispiel Wiederholung von einzelnen Teilen der Lerneinheit oder vertiefendes Lernen - besser planen, was einen höheren Lernerfolg erwarten lässt. Deshalb ist bei der Gestaltung von Lerneinheiten darauf zu achten, eine ausreichende Anzahl von Übungsaufgaben zur Verfügung zu stellen. Auch eine große Breite an unterschiedlichen Aufgabentypen ist zu bevorzugen, da die dadurch entstehende Abwechslung unter anderem stereotypes Abarbeiten von Aufgaben der gleichen Art („Päckchenrechnen“) und eine Verringerung der Motivation verhindert. Für das weitere Arbeiten müssen den Studierenden zudem Literaturhinweise zur Verfügung gestellt werden.

Bei der Vermittlung der Inhalte muss ein besonderer Schwerpunkt auf Visualisierungen gelegt werden, die nur durch den Computereinsatz möglich sind: die dynamischen bzw. zeitabhängigen und räumlichen Darstellungen.

Wann immer möglich und sinnvoll, sollte eine Abbildung durch Animationen, Simulationen, Applets, Filme oder eine räumliche statische Darstellung (Chime, VRML) ersetzt werden. Vor allem bei Inhalten, die eine Vorstellung der räumlichen oder dynamischen Verhältnisse erfordern, müssen zur Unterstützung des Lernprozesses solche Formen Vorrang vor zweidimensionalen Abbildungen haben. Dies ist unter anderem bei der Vermittlung von Mechanismen, dem chemischen Gleichgewicht, Biochemie oder stereochemischen Aspekten der Fall. Simulationen können dazu dienen, technische Verfahren in ihren Abläufen darzustellen und durch deren Manipulation Einflüsse auf den technischen Prozess erfahrbar zu machen.

Es ist zu überlegen, ob die Textinhalte bei einer ausführlichen Literaturliste auf die wesentlichen Konzepte und wichtigen Sachverhalte im Sinne eines Stoff-Konsens der Projektleiter beschränkt werden können. Dadurch wird der Schwerpunkt auf die Visualisierungen verstärkt, und das Vernetzte Studium erhält in zunehmendem Maße den Charakter eines Programms, das zur Unterstützung der universitären und schulischen Lehre konzipiert wurde.

8 Zusammenfassung und Ausblick

Computerunterstütztes Lernen bietet für das Selbststudium einige Vorteile, die ein tieferes Verständnis der Lerninhalte ermöglichen können. Dabei sind vor allem die Interaktivität der Programme sowie die Einbindung von dynamischen und räumlichen Darstellungsformen zu nennen. Interaktivität versetzt die Lernenden in die Lage, durch Manipulation und Steuerung auf das System einzuwirken und dadurch den eigenen Bedürfnissen entsprechend zu verändern. Die Integration verschiedener dynamischer und räumlicher Darstellungsformen fördert die intensive Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand und hilft vor allem den Lernenden, die bei der Vorstellung zeitlich abhängiger oder dreidimensionaler Gegebenheiten Probleme haben.

Für die sinnvolle Gestaltung des Lernprozesses ist eine erste Kontrolle, ob die Inhalte richtig verstanden wurden, wesentlich. Erst durch sie kann beurteilt werden, ob das Lernen erfolgreich war oder ob Inhalte nicht richtig verstanden worden sind. Im Rahmen des Projektes „Vernetztes Studium – Chemie“ wurde deshalb ein Konzept zur selbstständigen Kontrolle des Lernprozesses entwickelt und an Hand des Kapitels „Addition von Halogenen an Doppelbindungen“ formativ evaluiert.

Bei der Aufgabengestaltung wurden die Funktionalitäten Hilfe, Lösungsanzeige, Korrekturmöglichkeit und Rückmeldung implementiert, so dass bei der Aufgabenbearbeitung verschiedene Optionen für die Lernenden zur Verfügung stehen. Hilfestellungen können über fehlende Lösungsideen hinweghelfen und die jederzeit abrufbare Lösung kann eine mögliche Frustration bei den Lernenden verhindern, welche die Lösung der Aufgabe trotz der angebotenen Hilfen nicht finden. Wurde die Aufgabe zunächst (teilweise) falsch beantwortet, ermöglicht die Korrekturfunktion die weitere Bearbeitung der Aufgabe. Nach der Auswertung der Aufgabe wird eine Rückmeldung eingebunden, die in der Regel sowohl strategische Hilfen zur Findung der richtigen Lösung beinhaltet als auch erläutert, warum die angegebene Lösung (teilweise) falsch ist.

Bei der Entwicklung des Konzepts wurde zunächst ein Schwerpunkt auf solche Aufgabentypen gelegt, die technisch gut umzusetzen sind, damit der Entwicklungsaufwand für die einzelnen Projektgruppen überschaubar bleibt: Ja/Nein-Abfrage, Multiple Choice, Multiple Select, Lückentext, Drag&Drop und als Sonderform letzterer das Silbenrätsel.

Die formative Evaluation des Lernkontroll-Konzeptes wurde im November 2001 mit 22 Studierenden der Chemie und Biochemie, welche das organische Grundpraktikum absolvierten, durchgeführt. Die Probanden arbeiteten mit dem Beispielkapitel, bearbeiteten die Aufgaben und füllten anschließend einen Fragebogen aus.

Im ersten Teil des Fragebogens wurde die Lerneinheit evaluiert, um eine Rückmeldung über deren Gestaltung sowie Hinweise für weitere zu berücksichtigende Inhalte zu erhalten.

Bei der Konzeption der Aufgaben wurde von den Probanden besonders die Breite der Aufgabentypen gelobt. Die abrufbaren Hilfestellungen sowie die Korrekturfunktion sind als wichtige Funktionen für ein sinnvolles Üben und Wiederholen des Inhaltes beurteilt worden. Bei der jederzeit zur Verfügung stehenden Lösungsanzeige waren die Probanden geteilter Meinung. Einige waren der Ansicht, dass die Lösung nicht sofort anzeigbar sein sollte. Dem Prinzip der Benutzerautonomie folgend – den Lernenden sollte keine Entscheidung durch das System abgenommen oder gar aufgezwungen werden – wurde diese Funktion jedoch gemäß der Konzeption beibehalten.

Der letzte Teil des Fragebogens widmete sich der Einstellung der Probanden zum Lernen mit dem Computer. Hier zeigt sich, dass es vor allem die Interaktivität sowie dynamische und dreidimensionale Elemente sind, die zum computerunterstützten Lernen motivieren.

Es ist unbestritten, dass das computerunterstützte Lernen nicht das Lernen an sich revolutioniert, doch als eine zusätzliche Option die Gestaltung des eigenen Lernens bereichern kann und bei der Vermittlung von zeitabhängigen Zusammenhängen Vorteile zu bieten hat. Die immer größer werdende Anzahl der Veröffentlichungen zu diesem Thema lassen schließen, dass bei der Entwicklung von Lernsoftware der Berücksichtigung

lernpsychologischer, didaktischer und mediendidaktischer Aspekte immer mehr Aufmerksamkeit geschenkt wird.

Basierend auf den bisherigen Ergebnissen muss es im Bereich der Weiterentwicklung der Lernkontrolle Ziel sein, Aufgaben höherer Interaktivität zu konzipieren und zu erproben. BENNETT⁹⁴ erprobte die Einbindung von Filmen und Ton bei Aufgaben für die naturwissenschaftliche und medizinische Ausbildung und stellt die Potenziale dieser Aufgabenformen heraus. Eine Weiterentwicklung dieser Ansätze wäre unter anderem die Konzeption von Aufgaben, bei denen problemorientiert an Simulationen gearbeitet wird und anschließend die Ergebnisse einem Tutor oder anderen Lernenden geschickt werden, um sich darüber zum Beispiel im Diskussionsforum auszutauschen. Technisch aufwändiger ist die Variante, bei denen mehrere Personen gleichzeitig über das Internet auf das gleiche Programm zugreifen (Application Sharing) und ihr Wissen gemeinsam anwenden und diskutieren.

Für diese Weiterentwicklung müssen zunächst im Vernetzten Studium – Chemie die technischen Voraussetzungen wie zum Beispiel die Einrichtung eines Diskussionsforums geschaffen werden, was für die weitere Entwicklung der Lernumgebung fest eingeplant ist.

Ein anderer zu verfolgender Forschungsansatz besteht in der Implementierung offener Fragestellungen und deren Kontrolle durch einen Tutor. Bei dieser Variante wird den Lernenden – einzeln oder in einer Gruppe – eine offene, problemorientierte Fragestellung präsentiert, die dann mit dem zur Verfügung stehenden Material des Vernetzten Studiums gelöst werden muss. Zur Korrektur werden die Ergebnisse einem Tutor, der auch bei Verständnisfragen zu Verfügung stehen sollte, per E-mail zugeschickt. Es wäre dann die Aufgabe einer formativen Evaluation, die Bedingungen für die Förderung problemlösenden Denkens beim computerunterstützten, problemorientierten Lernen zu untersuchen.

9 Literatur

- [1] Dichanz, H., Ernst, A.: E-Learning – Begriffliche, psychologische und didaktische Überlegungen zum „electronic learning“, in: *Medienpädagogik*, www.medienpaed.com, 2001, 1
- [2] Kammerl, R.: Computerunterstütztes Lernen – Eine Einführung, in: Kammerl, R. (Hrsg.): *Computerunterstütztes Lernen*, Oldenbourg Verlag München 2000, 9
- [3] Hasebrook, J.: *Multimedia-Psychologie*, Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 1995, 203
- [4] Mayer, R.: Multimedia Learning: Are We Asking the Right Questions?, in: *Educational Psychologist* **32** (1), 7
- [5] Kammerl, R.: Computerunterstütztes Lernen – Eine Einführung, in: Kammerl, R. (Hrsg.): *Computerunterstütztes Lernen*, Oldenbourg Verlag München 2000, 20
- [6] Paechter, M.: *Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware*, Waxmann Verlag Münster 1996, 28
- [7] Pohl, C.: *Methodik und Realisation von Systemen zur effizienten Wissensvermittlung durch Hypermedia*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1999, 53
- [8] Correll, W.: *Programmiertes Lernen und schöpferisches Denken*, Ernst Reinhardt Verlag München, 3. Auflage 1965, 9
- [9] Paechter, M.: *Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware*, Waxmann Verlag Münster 1996, 18
- [10] Issing, L.: Lernen mit Multimedia aus psychologisch-didaktischer Perspektive, in: Dörr, G., Jüngst, K. (Hrsg.): *Lernen mit Medien: Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen*, Juventa Verlag Weinheim 1998, 163
- [11] Tully, C.: *Lernen in der Informationsgesellschaft – informelle Bildung durch Computer und Medien*, Westdeutscher Verlag Opladen 1994, 261, 262, 267

- [12] Hesse, F.: Netzgestützter Wissenserwerb im Wissenschaftskontext, in: Simon, H. (Hrsg.): *Virtueller Campus – Forschung und Entwicklung für neues Lehren und Lernen*, Waxmann Verlag Münster 1997, 17
- [13] Simons, P.: Lernen, selbständig zu lernen – ein Rahmenmodell, in: Mandl, H., Friedrich, H. (Hrsg.): *Lern- und Denkstrategien*, Hogrefe Verlag für Psychologie Göttingen 1992, 251
- [14] Konrad, K.: *Selbstgesteuertes Lernen in Theorie und Praxis*, Oldenbourg Verlag München 1999, 36
- [15] Mandl, H., Reinmann-Rothmeier, G.: Auf dem Weg zu einer neuen Kultur des Lehrens und Lernens, in: Dörr, G., Jüngst, K. (Hrsg.): *Lernen mit Medien: Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen*, Juventa Verlag Weinheim 1998, 197
- [16] Wedekind, J.: Didaktische Konzepte des Lehrens im Internet, in: Simon, H. (Hrsg.): *Virtueller Campus – Forschung und Entwicklung für neues Lehren und Lernen*, Waxmann Verlag Münster 1997, 113
- [17] Tergan, S.-O.: Hypertext und Hypermedia, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, Psychologie Verlags Union Weinheim, 2. überarbeitete Auflage 1997, 129
- [18] Niegemann, H.: Selbstkontrolliertes Lernen und didaktisches Design, in: Dörr, G., Jüngst, K. (Hrsg.): *Lernen mit Medien: Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen*, Juventa Verlag Weinheim 1998, 125
- [19] Schnotz, W. et al: Individuelles und kooperatives Lernen mit interaktiven animierten Bildern, in: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* **12** (1998), 2/3, 135 - 145
- [20] Kleinschroth, R.: *Neues Lernen mit dem Computer*, Rowohlt Taschenbuch Verlag Reinbek bei Hamburg 1996, 173
- [21] Funiok, R.: *Didaktische Leitideen zur Computerbildung: Zielsetzungen und Kriterien einer allgemeinen Computernutzungs-Kompetenz als Anregungen für Medienpädagogik, technische Allgemeinbildung und informationstechnische Grundbildung*, Profil Verlag München 1993, 162

- [22] Siebert, H.: *Pädagogischer Konstruktivismus: eine Bilanz der Konstruktivismusdiskussion für die Bildungspraxis*, Luchterhand Verlag Neuwied 1999, 5
- [23] Fortmüller, R.: *Lernpsychologie: Grundkonzeption, Theorien, Forschungsergebnisse*, Manz Verlag Wien 1991, 117
- [24] Glasersfeld, E. von: Konstruktion der Wirklichkeit und des Begriffs der Objektivität, in: Gumin, H., Meier, H. (Hrsg.): *Einführung in den Konstruktivismus*, Oldenbourg Verlag München, 3. Auflage 1997, 29
- [25] Issing, L.: Instruktionsdesign für Multimedia, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 198
- [26] Strzebkowski, R. Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 270
- [27] Weidemann, B.: Multicodierung und Multimodalität im Lernprozeß, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 73
- [28] Mayer, R.: Multimedia Learning: Are We Asking the Right Questions?, in: *Educational Psychologist*, **32** (1), 12
- [29] Schulmeister, R.: *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme*, Oldenbourg Verlag München 1997, 46
- [30] Baumgartner, P.: Evaluation vernetzten Lernens: 4 Thesen, in: Simon, H. (Hrsg.): *Virtueller Campus – Forschung und Entwicklung für neues Lehren und Lernen*, Waxmann Verlag Münster 1997, 113
- [31] Haack, J.: Interaktivität als Kennzeichen von Multimedia und Hypermedia, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 152
- [32] Sims, R.: Interactivity: A forgotten Art?, in: *Computers in Human Behaviour* **13** (1997), Nr. 2, 158

- [33] Issing, L.: Innovation universitären Lehrens und Lernens durch Multimedia, Hypermedia und Internet, in: Beste, D., Kälke, M. (Hrsg.): *Bildung im Netz: auf dem Weg zum virtuellen Lernen*, VDI Verlag Düsseldorf 1996, 58
- [34] Strzebkowski, R. Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 269
- [35] Schulmeister, R.: *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme*, Oldenbourg Verlag München 1997, 49
- [36] Kerres, M.: Technische Aspekte multimedialer Lehr-Lernmedien, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, Beltz Psychologie Verlags Union Weinheim, 2. Auflage 1997, 33
- [37] Hasebrook, J.: Lernen mit Multimedia, in: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* **9** (2), 1995, 98
- [38] Maier, W.: *Grundkurs Medienpädagogik Mediendidaktik – Ein Studien- und Arbeitsbuch*, Beltz Verlag Weinheim 1998, 170
- [39] Homepage der Firma MDL Information Systems, Inc.:
<http://www.mdli.com>
- [40] Bruns, B., Gajewski, P.: *Multimediales Lernen im Netz – Leitfaden für Entscheider und Planer*, 2. Auflage Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2000, 13
- [41] Niegemann, H.: *Computergestützte Instruktion in Schule, Aus- und Weiterbildung: theoretische Grundlagen, empirische Befunde und Probleme der Entwicklung von Lehrprogrammen*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1995, 193
- [42] Leutner, D.: Adaptivität und Adaptierbarkeit multimedialer Lehr- und Informationssysteme, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 142

- [43] Leutner, D.: *Adaptive Lehrsysteme – Instruktionspsychologische Grundlagen und experimentelle Analysen*, Psychologie Verlags Union Weinheim 1992, 8
- [44] Strittmatter, P., Mauel, D.: Einzelmedium, Medienverbund und Multimedia, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 51
- [45] Seel, N. et al: Didaktisches Design multimedialer Lernumgebungen – Theoretische Positionen, Gestaltungsprinzipien, empirische Befunde, in: Dörr, G., Jüngst, K. (Hrsg.): *Lernen mit Medien: Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen*, Juventa Verlag Weinheim 1998, 90
- [46] Nielsen, J.: *Multimedia, Hypertext und Internet: Grundlagen und Praxis des elektronischen Publizierens*, Vieweg Verlag Braunschweig 1996, 268 - 273
- [47] Bruns, B., Gajewski, P.: *Multimediales Lernen im Netz – Leitfaden für Entscheider und Planer*, 2. Auflage Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2000, 60
- [48] Heller, E.: *Wie Farben wirken – Farbpsychologie, Farbsymbolik, Kreative Farbgestaltung*, Rowohlt Verlag Reinbek bei Hamburg 1999, 217
- [49] Nielsen, J.: Top Ten Mistakes in Web Design, siehe <http://www.useit.com/alertbox/990502.html>
- [50] Schulz von Thun, F.: *Miteinander reden: Störungen und Klärungen*, Rowohlt Taschenbuch Verlag Reinbeck bei Hamburg 1998, 140 - 155
- [51] Pohl, C.: *Methodik und Realisation von Systemen zur effizienten Wissensvermittlung durch Hypermedia*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1999, 119
- [52] Nielsen, J.: siehe <http://www.filename.com/wbt/pages/rules.htm>
- [53] Straka, G.: Information im Netz und selbstgesteuertes Lernen, in: Dörr, G., Jüngst, K. (Hrsg.): *Lernen mit Medien: Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen*, Juventa Verlag Weinheim 1998, 186

- [54] Döring, N.: Lernen mit dem Internet, in: Issing, L., Klimsa, P. (Hrsg.): *Information und Lernen mit Multimedia*, 2. überarbeitete Auflage, Psychologie Verlags Union Weinheim 1997, 311
- [55] Hesse, F.: Netzgestützter Wissenserwerb im Wissenschaftskontext, in: Simon, H. (Hrsg.): *Virtueller Campus – Forschung und Entwicklung für neues Lehren und Lernen*, Waxmann Verlag Münster 1997, 17
- [56] Keil-Slawik, R.: Multimedia in der Hochschullehre, in: Simon, H. (Hrsg.): *Virtueller Campus – Forschung und Entwicklung für neues Lehren und Lernen*, Waxmann Verlag Münster 1997, 37
- [57] Euler, D.: *Didaktik des computerunterstützten Lernens; Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*, Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH Nürnberg 1992, 127 - 158
- [58] Pohl, C.: *Methodik und Realisation von Systemen zur effizienten Wissensvermittlung durch Hypermedia*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1999
- [59] Yass, M.: *Entwicklung multimedialer Anwendungen – Eine systematische Einführung*, dpunkt.verlag Heidelberg 2000, 273 - 309
- [60] Hasebrook, J.: Lernen mit Multimedia, in: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* **9** (2), 1995, 100
- [61] Koring, B.: *Lernen und Wissenschaft im Internet – Anleitungen und Reflexionen zu neuen Lern-, Forschungs- und Beratungsstrukturen*, Julius Klinkhardt Verlag Bad Heilbrunn 1997, 117
- [62] Dichanz, H., Ernst, A.: E-Learning – Begriffliche, psychologische und didaktische Überlegungen zum „electronic learning“, in: *Medienpädagogik*, www.medienpaed.com, 2001, 19
- [63] Edelmann, W.: *Einführung in die Lernpsychologie, Band 2: Kognitive Lerntheorien und schulisches Lernen*, Kösel-Verlag München 1979, 76
- [64] Dijkstra, S.: The Design of Multimedia-based Training, in: Dijkstra, S., Jonassen, D., Sembill, D. (Hrsg.): *Multimedia Learning – Results and Perspectives*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 2001, 26
- [65] Schanze, S.: *Wissenserwerb mithilfe der internetbasierten Lernumgebung ChemNet – Eine empirische Untersuchung zum Lernen*

- mit linearen und vernetzten Hypertexten*, Dissertation an der Christian Albrechts Universität zu Kiel 2001, 100
- [66] Pohl, C.: *Methodik und Realisation von Systemen zur effizienten Wissensvermittlung durch Hypermedia*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1999, 133
- [67] Biber, J., Wittwer, K.: Die Gestaltung von berufsgerichteten Lernaufgaben/Lernaufgabenfolgen – eine zentrale Aufgabe des Berufspädagogen, in: Eckert, M., Rützel, J. (Hrsg.): *Strukturorientierte Didaktik in der beruflichen Bildung: Konzept – Formen – Lernortbezug*, G.A.B.F e.V. Frankfurt am Main 1994, 144
- [68] Yass, M.: *Entwicklung multimedialer Anwendungen – Eine systematische Einführung*, dpunkt.verlag Heidelberg 2000, 283
- [69] Euler, D.: *Didaktik des computerunterstützten Lernens; Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*, Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH Nürnberg 1992, 137
- [70]: Ministerium für Schule und Weiterbildung, Wissenschaft und Forschung (Hrsg.): *Richtlinien und Lehrpläne Sekundarstufe II Chemie*, Schriftenreihe Schule in NRW, Heft 4723, 1999, 98 - 101
- [71] Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg.): *Einheitliche Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung im Lande Niedersachsen – Chemie*, Schroedel Verlag Hannover 1998, 8 - 11
- [72] Seebauer, R.: *Einführung in die Lernpsychologie*, Verlag Leitner Wien 1987, 226
- [73] Zech, F.: *Grundkurs Mathematikdidaktik; Theoretische und praktische Anleitung für das Lehren und Lernen von Mathematik*, Beltz Verlag Weinheim 1996, 216
- [74] Euler, D.: *Didaktik des computerunterstützten Lernens; Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*, Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH Nürnberg 1992, 129
- [75] Yass, M.: *Entwicklung multimedialer Anwendungen – Eine systematische Einführung*, dpunkt.verlag Heidelberg 2000, 289

- [76] Pohl, C.: *Methodik und Realisation von Systemen zur effizienten Wissensvermittlung durch Hypermedia*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1999, 135
- [77] Euler, D.: *Didaktik des computerunterstützten Lernens; Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*, Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH Nürnberg 1992, 149
- [78] Euler, D.: *Didaktik des computerunterstützten Lernens; Praktische Gestaltung und theoretische Grundlagen*, Bildung und Wissen Verlag und Software GmbH Nürnberg 1992, 150
- [79] Zech, F.: *Grundkurs Mathematikdidaktik; Theoretische und praktische Anleitung für das Lehren und Lernen von Mathematik*, Beltz Verlag Weinheim, Basel 1996, 315
- [80] Bönsch, M.: *Üben und Wiederholen im Unterricht*, Ehrenwirth Verlag, 2. Auflage 1993, 42
- [81] Homepage der Firma: <http://www.macromedia.com>
- [82] Homepage vom „Studierplatz 2000“ des Lehrstuhls:
<http://linus.psych.tu-dresden.de/Stupla/study2000/index.html>
- [83] Vernetztes Studium – Chemie; Projektvorschlag des FIZ Chemie Berlin und einer Gruppe von Hochschullehrern, 1
- [84] Vernetztes Studium – Chemie; Projektvorschlag des FIZ Chemie Berlin und einer Gruppe von Hochschullehrern, 4
- [85] Denkschrift der GDCh: <http://www.gdch.de/ausbild/denkschr.htm>
- [86] Elliot, A.: *Grundlagen des VLU-Konzeptes im Vernetzen Studium - Chemie*, unveröffentlicht
- [87] Weidemann, B., Paechter, M.: Design von multimedialen Lernumgebungen, in: Gross, G. (Hrsg.): *Studieren und Forschen im Internet: Perspektiven für Wissenschaft, Kultur und Gesellschaft*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1997, 133
- [88] Pohl, C.: *Methodik und Realisation von Systemen zur effizienten Wissensvermittlung durch Hypermedia*, Peter Lang Verlag Frankfurt am Main 1999, 135

- [89] Schenkel, P.: Einführung, in: Schenkel, P., Holz, H.: *Evaluation multimedialer Lernprogramme und Lernkonzepte*, BW Bildung und Wissen Verlag und Software Nürnberg 1995, 14
- [90] Maier, W.: *Grundkurs Medienpädagogik Mediendidaktik – Ein Studien- und Arbeitsbuch*, Beltz Verlag Weinheim 1998, 155
- [91] Hasebrook, J.: Lernen mit Multimedia, in: *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie* **9** (2), 1995, 100
- [92] Vollhardt, K., Schore, N.: *Organische Chemie*, VCH Verlagsgesellschaft mbH Weinheim 1995, 456
- [93] Bloom, B.: *Taxonomie von Lernzielen im kognitiven Bereich*, Beltz Verlag Weinheim 1972
- [94] Bennett, R. et al: Using multimedia in large-scale computer-based testing programs, in : *Computers in Human Behaviour* **15** (1999), 283 - 294

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Verena Pietzner
geboren am: 22.02.1973
Adresse: Ernst-Amme-Str. 13, 38114 Braunschweig
Tel: 0531-2509810
Eltern: Alfred (*18.06.1939), Dipl. Verwaltungswirt a.D.
Ursula Marie-Luise (*20.05.1943),
Verwaltungsangestellte
Staatsangehörigkeit: deutsch
Familienstand: ledig

Bildungsweg

1979 – 1983: Besuch der Grundschule Leopoldshöhe-Süd
1983 – 1992: Besuch des Städt. Gymnasiums Oerlinghausen
Abschluss: Abitur
1992 – 1997: Lehramtsstudium an der Universität Bielefeld mit den
Fächern Mathematik und Chemie
Abschluss: Erstes Staatsexamen
01.02.1998 –
31.01.2000: Referendariat am Studienseminar für die Sekundarstufe
II in Paderborn, Abschluss: Zweites Staatsexamen
01.02.2000: Beginn der Promotion bei Prof. Dr. R. Herges, TU
Braunschweig, Thema: Lernkontrolle im „Vernetzten
Studium – Chemie“; Entwicklung und Evaluation eines
Konzeptes am Beispiel des Kapitels „Addition von
Halogenen an Doppelbindungen“
04/2001: Wechsel mit Prof. Herges an die Christian-Albrechts-
Universität Kiel

Wissenschaftliche Aktivitäten

WS 95/96 –

WS 96/97: wissenschaftliche Hilfskraft bei Prof. Dr. H. Wenck am
Lehrstuhl für Didaktik der Chemie I an der Universität Bielefeld

Seit 1997: Mitglied der GDCh, Fachgruppe Chemieunterricht

1997: Teilnahme am EASA-Wettbewerb

09/1999: Mitarbeit bei der Durchführung einer regionalen Chemielehrer-
Fortbildung in Gütersloh zum Thema „Messwerterfassung und
-auswertung mit dem Computer im Chemieunterricht“

Seit WS 00: Lehrbeauftragte bei Prof. Dr. K. Höner am Institut für
Fachdidaktik der Naturwissenschaften, Abt. Chemie und
Chemiedidaktik der TU Braunschweig

23.10.2001: Durchführung eines Workshops zum Thema „3D-Animationen
mit Chime“ im Rahmen eines Entwickler-Workshops des
Vernetzten Studiums - Chemie

Vorträge und Veröffentlichungen

11/1998: Der Kationentrennungsgang – ein virtuelles Praktikum zum
Anschauen und Nachmachen – Veröffentlichung der
1.Staatsexamensarbeit im Internet
http://www.chemieunterricht.de/art_net.htm

Sonstiges

1985 – 1992: Ehrenamtliche Mitarbeiterin in der ev.-ref. Kirchengemeinde
Asemissen-Bechterdissen